

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍAS EN SALUD

“Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020”

Memoria del Seminario de Graduación sometida a consideración de la Escuela de Tecnologías en Salud para optar al grado de Licenciatura de la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica

Proponentes:

Yorly Blanco Rodríguez, carné: B51052

Mónica Herrera Murillo, carné: B33367

Maureen Pérez Calvo, carné: B25055

Karen Valverde Cordero, carné: B16769

Comité Asesor:

Directora: M.Sc. Carolina Masís Calvo

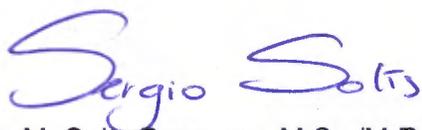
Lectora: M.Sc. Ana Carolina Jiménez Alpízar

Lector: M.Sc. Carlos Madrigal Díaz

Octubre, 2020

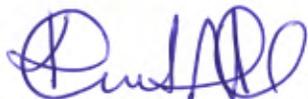
### Hoja de aprobación

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Escuela de Tecnologías en Salud de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para la obtención del grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, el día 13 de noviembre de 2020.



Sergio M. Solís Barquero, M.Sc./M.Res

Presidente del Tribunal Examinador



M.Sc. Carolina Masis Calvo

Directora del Seminario de Graduación



M.Sc. Carolina Jiménez Alpízar

Lectora



M.Sc. Carlos Madrigal Díaz

Lector



M.Sc. Catalina Méndez Ávila

Profesora Invitada

## **Derechos de propiedad intelectual**

De acuerdo con el Reglamento de Trabajos Finales de Graduación de la Universidad de Costa Rica, los derechos intelectuales del presente seminario pertenecen a las estudiantes Yorly Blanco Rodríguez, cédula: 207610915; Mónica Herrera Murillo, cédula: 207370596; Maureen Pérez Calvo, cédula: 304360003 y Karen Valverde Cordero, cédula: 115140186. Los derechos de propiedad intelectual se rigen con base en lo establecido en las normas para la investigación de la UCR; por lo tanto, está prohibida la reproducción parcial o total del contenido del documento sin previa autorización de los autores.

## **Dedicatoria**

En especial para mi madre y padre, por permitirme cumplir mis anhelos profesionales y acompañarme en cada instante de mi vida. A mis hermanas, hermano y sobrina por apoyarme y ser incondicionales; y a la familia Montero Cordero por aceptarme como una integrante más durante toda mi formación universitaria.

**Karen Yuliana**

A mi familia, en especial a mis padres, por acompañarme y apoyarme en todo el proceso formativo, porque todo lo que soy se lo debo a ellos.

**Maureen**

A mi familia, cuya comprensión y apoyo ha sido fundamental durante todo mi crecimiento profesional, cada uno de ellos ha significado un gran aporte en mi vida y son el motivo que siempre me impulsa a seguir adelante.

**Mónica**

En especial a mi madre porque desde el cielo me sigue inspirando su motivación y sus enseñanzas, y a mi padre quien es mi principal motor acá en la tierra.

**Yorly**

## **Agradecimientos**

A Dios, por darnos el conocimiento y la sabiduría para culminar esta etapa académica.

A nuestra directora del seminario de graduación, M.Sc. Carolina Masis Calvo, por ser nuestra guía durante todo el proceso de investigación; por su esmero, entrega, paciencia y valiosos consejos.

A nuestros lectores, M.Sc. Ana Carolina Jiménez Alpízar y M.Sc. Carlos Madrigal Díaz, por brindarnos su excelente asesoría.

A la Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental, en especial a la Unidad de Protección Radiológica, por creer en la culminación del presente seminario y por aportar toda la información pertinente para desarrollar la investigación.

A la Dra. Raquel Rodríguez, del Ministerio de Salud, por toda la asesoría brindada y ser el principal contacto entre las investigadoras y el ente rector.

A los expertos, por contribuir con su conocimiento y experiencia en la validación de la guía de inspección.

Y a todos aquellos que de una u otra manera formaron parte del proceso de este seminario de graduación.

## Índice General

Introducción .....	1
Capítulo 1. Planteamiento del objeto de estudio .....	3
1.1 Planteamiento del problema de investigación.....	3
1.2 Objetivos .....	7
1.2.1 Objetivos generales .....	7
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
1.3 Justificación.....	8
Capítulo 2. Marco de referencia.....	11
2.1 Fuentes radiactivas utilizadas en las industrias .....	11
2.1.1 Clasificación de las fuentes radiactivas.....	12
2.1.2 Propiedades físicas de las fuentes radiactivas usadas en las industrias .....	14
2.2 Prácticas industriales en Costa Rica que utilizan fuentes radiactivas .....	18
2.2.1 Aplicaciones de las fuentes radiactivas en la industria costarricense .....	18
2.2.2 Clasificación de las instalaciones radiactivas .....	22
2.2.3 Transporte de material radiactivo.....	23
2.3 Aspectos de Seguridad y Protección Radiológica.....	25
2.3.1 Principios de la Seguridad y Protección radiológica .....	26
2.3.2    Medidas básicas de Protección Radiológica .....	27
2.3.3    Inspección Radiológica.....	28
2.4 Criterios normativos y de recomendación radiológicos .....	29
Capítulo 3. Marco metodológico .....	32
3.1 Descripción general de la estrategia.....	32
3.1.1    Etapas de la investigación .....	32
3.2    Descripción de la metódica de cada experiencia investigativa.....	34
3.2.1    Tipo de estudio .....	34
3.2.2    Unidad de análisis .....	35

3.2.3	Criterios de confiabilidad .....	35
3.2.4	Criterios de validez .....	35
3.3	Definición y operacionalización de las variables del estudio .....	37
3.4	Definición de los procedimientos de recolección de información.....	41
3.4.1	Caracterización de las industrias .....	41
3.4.2	Elaboración de la guía de inspección .....	41
3.4.3	Evaluación de la guía de inspección.....	41
3.5	Definición de los procedimientos y las técnicas de análisis.....	42
3.6	Consideraciones éticas.....	43
3.7	Consentimiento informado.....	43
Capítulo 4.	Análisis de resultados .....	44
4.1	Caracterización de las industrias .....	44
4.2	Elaboración de la guía de inspección .....	51
4.2.1	Compilación y análisis de la información bibliográfica .....	51
4.2.2	Diseño de la propuesta de guía de inspección en seguridad y protección radiológica .....	62
4.3	Evaluación de la propuesta de guía de inspección .....	63
4.3.1	Observaciones recibidas por parte de los expertos.....	64
4.3.2	Evaluación de los expertos a través del cuestionario en línea.....	69
4.4	Presentación de la versión final de la propuesta de guía de inspección.....	75
4.5	Limitaciones.....	162
Capítulo 5.	Conclusiones y recomendaciones.....	163
5.1	Conclusiones.....	163
5.2	Recomendaciones.....	166
Referencias bibliográficas	.....	168
Anexos	.....	175

## Índice de figuras

Figura 1. Densímetro realizando una medición de humedad por transmisión directa en una superficie .....	21
Figura 2. Densímetro realizando una medición de densidad por retrodispersión en una superficie .....	21
Figura 3. Densímetro realizando una medición de humedad en una superficie.....	22
Figura 4. Gráfico del porcentaje de industrias según aplicación de fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020 .....	45
Figura 5. Gráfico del porcentaje de industrias según el tipo de instalación radiactiva, en Costa Rica, I semestre 2020 .....	46
Figura 6. Gráfico de la cantidad de fuentes radiactivas según radionucleido, en Costa Rica, I semestre 2020 .....	47
Figura 7. Gráfico del porcentaje de observaciones realizadas por los expertos según su clasificación en forma o fondo, Costa Rica, Setiembre 2020.....	65
Figura 8. Gráfico del porcentaje de observaciones realizadas por los expertos según el tipo de solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020.....	66
Figura 9. Gráfico del número de observaciones de forma realizadas por los expertos según el tipo de solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020 .....	67
Figura 10. Gráfico del número de observaciones de fondo realizadas por los expertos según la solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020.....	67

## Índice de tablas

Tabla 1. Valores D recomendados por la OIEA de algunos radioisótopos utilizados en el área industrial .....	13
Tabla 2. Clasificación en categorías de las fuentes radiactivas según el criterio A/D .....	14
Tabla 3. Características físicas y aplicación de los principales radionucleidos utilizados en actividades industriales .....	16
Tabla 4. Valores básicos de actividades para radionucleidos o mezclas respecto de los cuales no se dispone datos .....	25
Tabla 5. Operacionalización de las variables de estudio .....	37
Tabla 6. Distribución de las fuentes radiactivas según su estado, en Costa Rica, I semestre 2020 .....	48
Tabla 7. Industrias con mayor cantidad de fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020 .....	49
Tabla 8. Cantidad de fuentes radiactivas según actividad y radionucleido, en Costa Rica, I semestre 2020 .....	50
Tabla 9. Sistematización de la información consultada y deliberada para la elaboración de la guía de inspección .....	56
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de densimetría nuclear según cada una de las preguntas del cuestionario de evaluación .....	70
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de gammagrafía industrial según cada una de las preguntas del cuestionario de evaluación ....	71
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de medición de niveles y espesores según cada una de las preguntas del cuestionario del evaluación .....	72
Tabla 13. Valores del coeficiente de concordancia de Kendall y significancia asintótica según las aplicaciones dadas a las fuentes radiactivas a nivel industrial .....	75

## Índice de Abreviaturas

ACCPR: Área de Control de Calidad y Protección Radiológica

ADN: Ácido Desoxirribonucleico

Am: Americio

ARN: Autoridad Regulatoria Nuclear

BAE: Baja Actividad Específica

Be: Berilio

Bq: Becquerelios

CACISA: Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería Sociedad Anónima

CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social

CEM: Centro Español de Metrología

CEMEX: Cementos Mexicanos

Ci: Curio

CICANUM: Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares

Co: Cobalto

CONAVI: Consejo Nacional de Vialidad

COVID-19: Coronavirus-2019 (*Coronavirus disease-2019*)

Cs: Cesio

EPR: Encargado de Protección Radiológica

EURATOM: Comunidad Europea de la Energía Atómica

GBq: GigaBecquerelios

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

Ir: Iridio

Kr: Kriptón

mCi: milicurio

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

MS: Ministerio de Salud

mSv/h: miliSievert/hora

OCS: Objetos Contaminados Superficialmente

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica

Pm: Prometio

POE: Personal Ocupacionalmente Expuesto

PPSR: Programa de Protección y Seguridad Radiológica

TECDOC: Documentos Técnicos (*Technical Documents*)

TBq: Terabecquerelios

TLD: Dosímetro de termoluminiscencia (*Thermoluminescent Dosimeter*)

UCR: Universidad de Costa Rica

UPR: Unidad de Protección Radiológica

## Resumen

En el presente seminario se elaboró una propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica, para las industrias costarricenses que utilizan fuentes radiactivas. Esto surgió debido a la necesidad del Ministerio de Salud (MS) de contar con un instrumento específico que le permita efectuar una vigilancia más integral sobre las prácticas particulares de las industrias con permiso vigente de operación para el uso de fuentes radiactivas en la ejecución de sus labores; ya que, actualmente la entidad reguladora no cuenta con un formulario de inspección de este tipo para cada práctica industrial actualizado a la realidad nacional, sino que cuenta solamente con formularios generales para la valoración de la protección y seguridad radiológica.

Para cumplir con el objetivo primordial del seminario, en primera instancia las investigadoras recabaron información relacionada con los elementos de protección y seguridad radiológica de las prácticas industriales con permiso de operación vigente para el uso fuentes radiactivas en Costa Rica, a través de la revisión de los expedientes que cada una de estas posee en el MS. Seguidamente, se analizó la normativa nacional vigente que regula el uso de radiación ionizante, documentos internacionales de entidades dedicadas a la emisión de criterios recomendados y reglamentos regentes en diversos países que regulan el uso de fuentes radiactivas en las prácticas industriales y a nivel general.

Una vez seleccionados los documentos de interés producto de la revisión bibliográfica, se diseñó la respectiva guía de inspección, cuyo formato y contenido fue evaluado a través del criterio experto para determinar la idoneidad de esta. Para culminar el proceso, posteriormente se analizaron las recomendaciones emitidas por los expertos y se realizaron las modificaciones sugeridas; con el objetivo de generar un producto más completo y adecuado a la realidad nacional y con ello, una mejor supervisión de las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas en sus labores.

De esta manera, el producto final de la investigación constituye un elemento de control novedoso que podría beneficiar no solamente al ente rector, sino también a los empleadores y trabajadores de la industria explotadora, pues la guía se convertiría en un insumo para la entidad reguladora, facilitando así el proceso de inspección, la detección de incumplimientos y la búsqueda de medidas restauradoras que promuevan la seguridad y protección radiológica de todos los involucrados.

## Introducción

El empleo de la radiación ionizante para el beneficio humano conlleva una serie de riesgos a la salud de las personas que trabajan de cerca con sustancias radiactivas. La radiación ionizante es definida por el Consejo de Seguridad Nuclear de España (CSN, 2012a) como aquella radiación que tiene la energía suficiente para alterar la materia produciendo transformaciones en los átomos y en moléculas de esta.

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2018), las fuentes creadas por el ser humano, también denominadas fuentes artificiales de radiación ionizante, equivalen a un 15% de la radiación ionizante total, y de dicho porcentaje, un 11% es para fines médicos y un 4% para prácticas industriales. En esta última, se aprovecha que dicha radiación tiene la capacidad de atravesar la materia y que la cuantificación de radioisótopos se puede hacer de manera precisa y rápida, aún en presencia de pequeñas cantidades y con ello, determinar cómo se distribuye de manera temporal y espacial.

No obstante, este tipo de radiación puede conllevar a alteraciones en la salud de las personas, pues la exposición no controlada puede inducir daños en las células, cuyo blanco principal es el ADN. De esa manera, aparecen lesiones en la persona e inclusive en su descendencia y en el medio ambiente que le rodea (Bushong, 2010).

Por lo tanto, es importante que toda edificación que contenga equipos y fuentes emisores de radiación ionizante cumplan con las medidas de seguridad y protección radiológica, y con ello minimizar los riesgos producto de las exposiciones para el personal expuesto y el público en general (CSN, 2012b). Existen instancias a nivel internacional que se encargan de establecer recomendaciones o lineamientos a seguir, para promover la protección y la seguridad en los establecimientos que hacen uso de dichas radiaciones. Además, hay entes gubernamentales en distintas naciones, que tienen como objetivo tramitar todos los permisos que requieren los interesados en hacer uso de la radiación ionizante; así mismo, de dar seguimiento al correcto desempeño de estas prácticas, como lo es el Ministerio de Salud de Costa Rica (MS).

Por ende, es de vital importancia que el ente rector cuente con procedimientos y guías de inspección adecuadas que regulen el correcto desempeño de todas aquellas entidades e instalaciones que se beneficien de la radiación ionizante. Sin embargo, a la fecha el MS no cuenta con guías de inspección específicas a nivel industrial debidamente actualizadas, que regulen o den seguimiento a las industrias que usan fuentes radiactivas en el ámbito de operación y transporte (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Debido a lo anterior, el presente seminario cobra relevancia, pues se estudió la problemática institucional antes mencionada, y a la vez, se brindó una solución factible a la misma, a partir de la elaboración de una guía de inspección adaptada a Costa Rica, que busca regular el accionar de las industrias que utilizan fuentes radiactivas en el país. Dicha guía de inspección, queda finalmente a disposición del MS.

En el proceso de elaboración de la guía de inspección, se aplicaron diversos conocimientos que se han adquirido durante todos los años de formación universitaria, y a la vez, estos se complementaron con nuevos conocimientos que fueron adquiridos durante el transcurso del seminario. De este modo, la investigación constituyó un espacio pedagógico enriquecedor para todas las integrantes.

Es trascendental que, como profesionales en el campo de la imagenología, se pueda contribuir con la protección y la seguridad radiológica en general, no solamente en el ámbito médico, y así reducir los riesgos que conlleva el uso de la radiación ionizante. De ahí la relevancia de desarrollar proyectos de graduación que permitan dar soluciones a problemas reales, y más aún, que el producto final de la investigación permita el beneficio de instituciones importantes dedicadas al servicio público, como el MS y las entidades prestadoras de servicios industriales que implican el uso de fuentes radiactivas.

## **Capítulo 1. Planteamiento del objeto de estudio**

### **1.1 Planteamiento del problema de investigación**

La radiación ionizante ha sido utilizada en diversos campos desde su descubrimiento en 1895. En el ámbito médico su uso es muy frecuente, ya que existe una amplia gama de dispositivos cuyo funcionamiento se basa en este tipo de radiación; sin embargo, el sector agroalimentario, la generación de energía, la investigación y la industria también constituyen otras áreas donde su uso puede ser primordial (Roig, 2013).

En la industria, las radiaciones ionizantes son requeridas como instrumento para detectar, ensayar y medir. Además, se pueden emplear como agente activo en la iniciación de reacciones químicas de gran utilidad. De esta forma, este tipo de radiación se usa de diversos modos como instrumento de control y ha generado a la industria numerosos beneficios (Vásquez, 2009).

De hecho, en el área industrial la utilización de fuentes radiactivas es una práctica muy común a nivel mundial, y Costa Rica no es la excepción. Al respecto, Vásquez (2009) afirma que, el uso de fuentes radiactivas con fines industriales se ha extendido globalmente, principalmente en países desarrollados, sin embargo, también en países subdesarrollados existen este tipo de actividades.

Para Cordero (2018), en Costa Rica las radiaciones ionizantes se aprovechan en diversas áreas, como en la determinación de la densidad y humedad de los suelos. Ejemplo de esto, es el empleo de densímetros nucleares para realizar análisis de asfaltos y mediciones en los suelos, así como para la colocación de tuberías de aguas potables y servidas. Algunas empresas que se benefician con este tipo de tecnología en el país son: Castro y de la Torre S.A., Vieto y Asociados S.A., la Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A. (CACISA) y el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) (M. Cordero, comunicación personal, 12 de setiembre de 2018).

De igual modo, ciertas empresas usan radiaciones ionizantes para realizar controles de calidad de sus productos mediante el uso de equipos de rayos X, como es el caso de CEMEX Costa Rica S.A. Otras industrias emplean fuentes radiactivas para realizar ese mismo tipo de control, como Productora La Florida S.A; la cual las utiliza específicamente para la medición de niveles de las botellas (M. Cordero, comunicación personal, 12 de setiembre de 2018).

Algunas de las aplicaciones industriales mencionadas anteriormente, implican el uso de fuentes radiactivas, las cuales están constituidas por radioisótopos que podrían entrar en contacto con las personas o el medio ambiente (Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA], 2013a). En el país, el uso de fuentes radiactivas en la industria se realiza mediante medidores de niveles y espesores, densimetría nuclear, así como en el área de la gammagrafía industrial (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Las radiaciones ionizantes conllevan un elevado riesgo para los seres humanos, ya que pueden generar efectos biológicos determinísticos o estocásticos en los individuos expuestos. En los determinísticos, existe una dosis umbral de radiación que una vez superada, se puede asociar a efectos particulares dependiendo de la zona afectada, como por ejemplo cataratas, fibrosis pulmonar, infertilidad y eritema (OIEA, 2016).

Por otra parte, en el caso de los estocásticos, estos hacen referencia a una probabilidad de aparición de ciertos efectos. No están vinculados con un umbral de dosis, sino que entre mayor sea la dosis recibida, mayor posibilidad de desarrollar determinadas enfermedades. Entre los principales efectos estocásticos se encuentran el cáncer y las anomalías genéticas, condiciones en las que la radiación produjo alteraciones en el ADN de las células somáticas y germinales, respectivamente (OIEA, 2016).

Dado que las fuentes radiactivas emiten radiación en forma constante y poseen más interacción con el medio donde se encuentran, el grado de peligrosidad es mayor. Por ello, es fundamental el establecimiento de normas para garantizar la protección del personal que las manipulan y del público en general, ante los posibles riesgos de exposición o contaminación con dichas fuentes. Debido a lo anterior, es necesario contar con normativas y regulaciones que velen por su correcto funcionamiento (Bushong, 2010).

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) se encarga de velar por la protección de los individuos y del medio ambiente contra los efectos dañinos que puede provocar este tipo de energías. Dicha entidad, elaboró una colección de Normas Básicas Internacionales de Seguridad Radiológica donde se establecen los principios fundamentales de seguridad, los requisitos y las medidas para controlar la exposición de los trabajadores. Asimismo, el OIEA ha realizado diversas publicaciones donde trata el tema de seguridad y protección radiológica específico para el área industrial, como la “Guía de seguridad específica N° SSG-11: Seguridad radiológica en la radiografía industrial” (OIEA, 2013a).

Las actividades industriales que emplean fuentes radioactivas deben estar sujetas a un estricto control y seguimiento de sus prácticas por parte de autoridades competentes. Por ejemplo, en países como España, el CSN cuenta con la “Guía de Seguridad 5.14: Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial”, donde se describen los requerimientos de los equipos y fuentes de las instalaciones fijas, los espacios de almacenamiento, mantenimiento de los gammágrafos, medios de vigilancia y protección radiológica, formación y entrenamiento del personal, entre otros aspectos, vinculados con radioprotección en el área industrial (CSN, 2015a).

En el caso de Costa Rica, el MS es la entidad encargada de autorizar a las industrias en cuanto a la operación y el transporte de fuentes radiactivas. Para optar por dicha autorización de transporte, las industrias deben obtener previamente un permiso por parte del MOPT, para el transporte de materiales peligrosos, el cual no toma en cuenta aspectos de seguridad y protección radiológica, condiciones que sí son consideradas por el MS, al contemplar las publicaciones del OIEA relacionadas con el tema, para efectuar esta función (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Las industrias pueden emplear las fuentes radiactivas para la generación de servicios y productos, pero en algunos casos, adicionalmente se encargan de transportarlas por el territorio nacional. Para poder desarrollar ambas actividades, deben cumplir ciertos requisitos iniciales relacionados con la seguridad y protección radiológica establecidos por el Ministerio de Salud, para obtener su autorización. Una vez que están autorizadas, deben dirigirse al Área Rectora de Salud correspondiente, de acuerdo con la ubicación de sus instalaciones, para obtener un permiso de funcionamiento (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Luego de que las industrias adquieren su respectivo permiso, el MS debe velar por su correcto funcionamiento, para lo cual cuenta con un formulario de inspección general para instalaciones que poseen emisores de radiaciones ionizantes; sin embargo, actualmente no cuenta con guías de inspección actualizadas y específicas para evaluar las características particulares de las industrias que emplean fuentes radiactivas, que permitan controlarlas y darles un seguimiento acorde con el riesgo que cada una representa (M. Cordero, comunicación personal, 12 de setiembre de 2018).

Además, a partir de los requisitos solicitados para las autorizaciones de operación y de transporte por parte de las industrias, el Ministerio crea un expediente físico de cada una de

estas, los cuales son almacenados en sus instalaciones; sin embargo, el uso de radiaciones a nivel industrial es manejado actualmente de modo general y no se tiene una base de datos actualizada específica para el uso de fuentes radiactivas (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

La información descrita anteriormente, evidencia la escasez de información acerca del panorama de seguridad y protección radiológica en esta área, y es así como se plantearon las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuáles son las condiciones en las que se desarrollan las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas a nivel nacional?

¿Cuáles son los criterios normativos referentes a seguridad y protección radiológica por los que se deben regir estas prácticas?

¿Qué elementos de seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en las guías de inspección para el control y seguimiento de dichas prácticas?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos generales**

Elaborar una propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas y que cuentan con autorización del Ministerio de Salud de Costa Rica para su operación, durante el I semestre de 2020.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1) Caracterizar las condiciones en las que se desarrollan las prácticas que utilizan fuentes radiactivas, a partir de la revisión de expedientes de las industrias autorizadas por el Ministerio de Salud, activas el I semestre de 2020.
- 2) Examinar la normativa nacional e internacional sobre seguridad y protección radiológica aplicable a las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas.
- 3) Diseñar una propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica aplicable a las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas.
- 4) Evaluar la propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica destinada a las industrias que utilizan fuentes radiactivas.

### 1.3 Justificación

Las fuentes radiactivas representan un elevado riesgo de irradiación y contaminación en los seres humanos y el medio ambiente, ya que cuando en algunas ocasiones se utilizan fuera del blindaje que las rodea, poseen un mayor contacto con el entorno. Por este motivo, es trascendental la supervisión de las instalaciones donde se manipulan, así como monitorear la operación, el mantenimiento, el conocimiento del personal, el impacto radiológico derivado de la actividad y las dosis de radiación recibidas por los trabajadores; de manera que se pueda tratar de controlar lo máximo posible dicho riesgo (CSN, 2012a).

En Costa Rica, cuando una actividad industrial desea incorporar dentro de sus funciones el uso o el transporte de fuentes radiactivas, debe cumplir con una serie de requisitos iniciales, los cuales debe hacer constar ante el Ministerio de Salud (MS), para que dicha entidad le otorgue la autorización respectiva. Además de brindar este tipo de autorizaciones, el MS proporciona guías para la elaboración del manual de procedimientos de las industrias, donde se incluyen pautas para definir procedimientos de operación, de mantenimiento y de protección radiológica, pero estas no representan una estricta obligatoriedad (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Actualmente, las industrias obtienen las autorizaciones de operación y transporte de fuentes radiactivas con una vigencia de cinco años; sin embargo, el MS no realiza una vigilancia periódica idónea sobre el accionar de las industrias en materia de seguridad y protección radiológica durante ese lapso, ya que no cuentan con guías de inspección basadas en lo sugerido por el OIEA y otras organizaciones internacionales, acorde con las características propias de los tipos de industrias en el país (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Lo anteriormente expuesto, evidencia la necesidad de un adecuado control en materia de seguridad y protección radiológica a nivel industrial. Para lograr este propósito, es importante contar con una guía de inspección adaptada a las actividades industriales presentes en Costa Rica, siendo este el objetivo principal del presente seminario de graduación.

Para la elaboración del instrumento de inspección propuesto, se contó con información sobre las industrias que se encuentran autorizadas para utilizar fuentes radiactivas; no obstante, en el MS únicamente poseen bases de datos generales en cuanto a industrias que usan radiaciones ionizantes, sin clasificar cuáles emplean fuentes radiactivas y cuáles utilizan equipos emisores de radiación ionizante. Por dicho motivo, se desconoce el número de

industrias que poseen autorizaciones vigentes para el uso de fuentes radiactivas, así como la cantidad de fuentes existentes (R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018). Esta información se obtuvo a partir de la primera etapa del seminario y, por lo tanto, permite actualmente al Ministerio disponer de datos específicos y actualizados para esta área en particular.

La propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica que se diseñó, representa un mecanismo de control novedoso que beneficia al MS, los empleadores y trabajadores de las industrias. El MS cuenta de esta manera, con una guía que facilita el proceso de inspección industrial, la identificación de fallos y la aplicación de medidas que podrían contrarrestar esos desaciertos que se observen en una instalación o en los métodos de trabajo, y que representen motivos razonables para considerar una determinada situación, como una amenaza para la salud o la seguridad de los trabajadores.

En relación con los beneficios que obtienen los empleadores, la guía de inspección les permite conocer el estado en que se desarrollan los procesos dentro de sus industrias, en cuanto a seguridad y protección radiológica, de modo que las tecnologías que utilicen sean lo más seguras posible y así reducir los riesgos asociados al uso de fuentes radiactivas. Con esto se espera que, las empresas conozcan sus debilidades y fortalezas en el tema, comiencen a corregir sus fallos y a consolidar aún más sus puntos fuertes. En general, con el producto de la investigación se contribuye a aumentar la cultura de seguridad en el país.

En cuanto a la utilidad teórica, pese a que el producto del presente seminario no conlleva al descubrimiento de una nueva teoría en el campo de la seguridad y protección radiológica, el instrumento puede ser empleado por primera vez en el MS y así obtener información novedosa sobre el estado actual de las industrias en ese ámbito.

Por otra parte, para poder cumplir con los objetivos propuestos en el trabajo, fue necesario el acceso a los expedientes de las empresas que utilizan fuentes radiactivas en el país. Se contó con el respaldo del Departamento de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica de la Universidad de Costa Rica, para que la Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental, del Ministerio de Salud, otorgara dicho permiso a las integrantes de la investigación (véase anexos 1 y 2).

Asimismo, el MS estuvo dispuesto a colaborar en la obtención de autorizaciones por parte de las industrias, ante la necesidad de realizar visitas a algunas de ellas. Además, la información

requerida por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica y otras organizaciones, se encontró en todo momento disponible para el público en general.

De igual forma, prevaleció un elevado interés por parte de los funcionarios del MS, ya que los mismos manifestaron la alta posibilidad de que el producto de la investigación sea utilizado para monitorear la seguridad y protección radiológica de las industrias que utilizan fuentes radiactivas, demostrando que el presente seminario posee implicaciones prácticas. Además, el seminario posee utilidad metodológica, pues la propuesta de guía contribuye al diseño de nuevos instrumentos para la recolección de información durante las inspecciones.

## **Capítulo 2. Marco de referencia**

Para comprender el desarrollo del proyecto, se realizó un marco de referencia tomando en consideración conocimiento teórico construido previamente. Inicialmente, se muestra la definición, clasificaciones y diversas propiedades físicas de las fuentes radiactivas más utilizadas en el área industrial. Con la comprensión de dichas particularidades de las fuentes radiactivas, se concibe la peligrosidad que conlleva la utilización de estas y los aspectos propios de cada una que hacen necesaria una vigilancia periódica específica.

Seguidamente, se expone las características de cada práctica industrial que hace uso de las fuentes radiactivas, tanto en operación como en transporte, lo cual incluye clasificaciones según el riesgo radiactivo. Así, dichas clasificaciones junto con la de las fuentes, contribuyen a categorizar una posterior vigilancia de acuerdo con las características de cada conjunto.

Posteriormente, con la descripción de la filosofía, principios y medidas de la seguridad y protección radiológica, se justifica y se establece la manera adecuada de realizar una inspección radiológica para proteger a los trabajadores y público en general expuesto a la radiación.

Finalmente, se hace una descripción de las normas o reglamentos que evidencian los aspectos importantes que se deben contemplar dentro de la guía de inspección para hacer cumplir los principios y medidas descritos anteriormente.

### **2.1 Fuentes radiactivas utilizadas en las industrias**

La radiación ionizante forma parte del espectro electromagnético y posee propiedades específicas, donde se incluyen los rayos X, los rayos gamma y la luz ultravioleta. Esta se caracteriza por tener la capacidad de ionizar la materia; es decir, cuando la radiación pasa cerca de un electrón orbital de un átomo, le entregará la energía suficiente a ese electrón y este podrá salir del átomo. Como a cualquier tipo de energía que posee la capacidad de ionizar la materia se le denomina radiación ionizante, las partículas beta y alfa también se incluyen en esta categoría (Bushong, 2010).

Para la presente investigación, la radiación ionizante de una fuente radiactiva de interés es principalmente radiación gamma, porque es la única capaz de producir imagen al ser detectada por las placas radiográficas; aunque la desintegración alfa y beta también son características de los radionucleidos o fuentes radiactivas y pueden ser usadas en algunos tipos de industrias (Iturbe, 2001).

Se considera una fuente radiactiva como “una sustancia, material u objeto que contiene un elemento químico que emite radiación ya sea por exposición o bien por liberación de material radiactivo” (Vivallo y Yáñez, 2016, p. 6). Las formas y tamaños que pueden adoptar las fuentes radiactivas van ligados a su utilidad; en el área de gammagrafía industrial, por ejemplo, se usan fuentes de Iridio-192 y Co-60 que poseen forma cilíndrica cuyas dimensiones son de 1 cm de diámetro y 70 cm de longitud. Se debe tener presente que el tamaño de la fuente no se relaciona con su peligrosidad y pueden ser fabricadas de diversos materiales como: cristales de sales, gas o acero (Vivallo y Yáñez, 2016).

Las fuentes radiactivas tienen diferentes clasificaciones que es importante conocer, así como sus propiedades físicas, ya que de ahí surgen diversas categorías en cuanto a seguridad y protección radiológica, de los equipos e industrias que hacen uso de estas.

### **2.1.1 Clasificación de las fuentes radiactivas**

En las industrias la radiación ionizante mayormente utilizada está constituida por radionucleidos, estos pueden estar encapsulados o no encapsulados (fuentes abiertas). En el primer caso, el radioisótopo se encuentra contenido en una cápsula para evitar que esté en contacto directo con el ambiente, es decir, solo la radiación que sea capaz de atravesar la cápsula es emitida al exterior. Por otro lado, las fuentes radiactivas abiertas están en contacto con el ambiente, eso implica un riesgo radiológico mayor que en las fuentes selladas (CSN, 2012b).

El OIEA (2009a) elaboró una Guía de Seguridad especialmente para la clasificación de fuentes radiactivas, estas se dividen en cinco categorías dependiendo de las prácticas radiactivas, del riesgo y del potencial que posee cada fuente en ocasionar efectos determinísticos. La clasificación se realiza con el propósito de tomar decisiones en caso de accidente siguiendo un enfoque gradual. Además, será útil para que los órganos reguladores en cada país puedan establecer los requisitos que garanticen la seguridad y protección radiológica en cada fuente autorizada.

Para la clasificación se debe de definir dos conceptos, el primero es valor  $D$  que corresponde a la actividad específica de los radioisótopos que, al no tener un control adecuado, pueden provocar severos efectos deterministas, es decir, es el valor a partir del cual la fuente puede ser considerada peligrosa. Y el segundo concepto útil es la actividad  $A$ , este valor hace referencia a la actividad de la fuente en TBq (OIEA, 2009a).

El valor D, se obtiene a partir de D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>. El D<sub>1</sub> corresponde a la actividad de la fuente que no está controlada pero no se encuentra dispersa, es decir, una fuente encapsulada. Mientras que el D<sub>2</sub> corresponde a la actividad de fuente que no está controlada, se encuentra dispersa y podría provocar una emergencia. Y el valor D es el menor de los valores D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> (OIEA, 2006). Algunos valores D se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Valores D recomendados por la OIEA de algunos radioisótopos utilizados en el área industrial.*

<b>Radionucleido</b>	<b>Valor D (TBq)</b>
Cesio-137	0,1
Iridio-192	0,08
Americio-241	0,06
Berilio-10	30
Estroncio-90	1
Talio-204	20
Bario-133	0,2
Cobalto-60	0,03

*Nota:* Adaptación. Tomado de *Cantidades peligrosas de materiales radiactivos (valores D)* (pp. 3-12), por el OIEA, 2006. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_Dvalues\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_Dvalues_S_web.pdf)

Para calcular la peligrosidad de la fuente radiactiva y ubicarla en cada categoría, se debe calcular la proporción  $A/D$  y el valor obtenido se debe comparar con los datos de la tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación en categorías de las fuentes radiactivas según el criterio A/D.*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción de la categoría</b>	<b>Valor A/D</b>
<b>1</b>	Extremadamente peligrosa. Puede provocar lesiones permanentes si hay exposición durante algunos segundos. Puede provocar la muerte si hay exposición por un periodo de minutos a una hora.	$A/D \geq 1000$
<b>2</b>	Muy peligrosa. Puede generar lesiones permanentes si hay exposición durante algunos minutos. Puede ocasionar la muerte si hay exposición en un tiempo prolongado (horas a días).	$1000 > A/D \geq 10$
<b>3</b>	Peligrosa. Puede provocar lesiones permanentes en exposiciones de algunas horas. Puede producir muerte si hay exposición de días a semanas, pero es poco probable.	$10 > A/D \geq 1$
<b>4</b>	Improbable que sea peligrosa. Es muy poco probable que genere una lesión permanente. Si hay exposiciones por algunas semanas puede producir algún efecto temporal.	$1 > A/D \geq 0,01$
<b>5</b>	Sumamente improbable que sea peligrosa. No produce lesión permanente.	$0,01 > A/D$

*Nota:* Adaptación. Tomado de *Clasificación de las fuentes radiactivas* (pp. 7, 32, 33), por el OIEA, 2009a. [https://wwwpub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR\\_Dvalues\\_S\\_web.pdf](https://wwwpub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR_Dvalues_S_web.pdf)

### **2.1.2 Propiedades físicas de las fuentes radiactivas usadas en las industrias**

Los radionucleidos o radioisótopos son sustancias inestables que poseen una determinada cantidad de energía en el núcleo, estos están en busca de la estabilidad, mediante la emisión de energía, que puede ser de las siguientes formas: emisión alfa, beta o gamma; a esta pérdida de energía por parte de un radioisótopo se le conoce como decaimiento radiactivo. Este es espontáneo, eso quiere decir que no es predecible saber cuándo llega exactamente a la estabilidad (Cherry *et al.* 2012).

Otra característica física importante es el periodo de semidesintegración, el cual se define como el periodo que debe pasar para que la actividad inicial (o cantidad de átomos radiactivos)

de un radioisótopo disminuya a la mitad; este concepto es usado para determinar la actividad de la fuente, que es definida como la media de la tasa de decaimiento de una muestra; es decir, nos indica cuánto se decae la muestra en un lapso (Cherry *et al.* 2012). Para el OIEA (2007) la actividad corresponde a una magnitud de la cantidad de radioisótopo en un tiempo dado y en un estado de energía determinado, y puede ser expresada en Curio (Ci) o Becquerelios (Bq). Tanto el periodo de semidesintegración como la actividad, permiten predecir el tiempo que debe de transcurrir para que la emisión de una fuente supere los niveles de exención.

Los radionucleidos más utilizados en los procesos industriales son los mostrados en la tabla 3, donde se especifican algunas características físicas y aplicaciones propias de cada radioisótopo.

**Tabla 3**

*Características físicas y aplicación de los principales radionucleidos utilizados en actividades industriales.*

<b>Radionucleidos</b>	<b>Tipo de emisión</b>	<b>Periodo de semidesintegración</b>	<b>Aplicación</b>
Cesio-137	Beta, gamma	30 años	Gammagrafía industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones solo se usa irradiación gamma.  Medición y control de densidades, niveles de llenado y control de espesor.
Cobalto-60	Beta, gamma	5,26 años	Gammagrafía industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones solo se usa irradiación gamma.  Medición y control de densidades, niveles de llenado y control de espesor.
Americio-241	Alfa, gamma	458 años	Detectores de humo
Radio-226/ Berilio	Alfa, beta, gamma, neutrones	1620 años	Medida de humedad
Americio-241/ Berilio	Gamma, alfa, neutrones	458 años-53,3 días	Medida de humedad

<b>Radionucleidos</b>	<b>Tipo de emisión</b>	<b>Periodo de semidesintegración</b>	<b>Aplicación</b>
Carbono-14	Beta negativa	5730 años	Datación
Bario-133	Gamma	10 años	Medida de espesores de láminas de aluminio y cobre
Estroncio-90	Beta negativa	25,5 años	Eliminación de electricidad estática. Medición y control de densidades, niveles de llenado y control de espesor.
Iridio-192	Beta negativa, gamma	73,9 días	Gammagrafía Industrial
Talio-204	Gamma	3,8 años	Medición y control de densidades, niveles de llenado y control de espesor.

*Nota:* Adaptación. Tomado de *La protección radiológica en la industria, la agricultura, la docencia o la investigación* (p. 15), por el Consejo de Seguridad Nuclear, 2012a. <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protección+radiológica+en+la+industria%2C+agricultura+%2C+docencia+e+investigación> y del *Reglamento Técnico para Evaluación de Radiaciones Ionizantes* (pp.34-37), por E. Leguizamón y O. Restrepo, 2002. <http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/campanas/REGLAMENTO%20TECNICO%20PARA%20EVALUACION%20DE%20RADIACIONES%20IONIZANTES.pdf>

Una vez dominados los aspectos importantes de las fuentes radiactivas, es importante profundizar en las particularidades de las prácticas industriales que las utilizan, para entender mejor su funcionamiento y determinar los aspectos que se debe regular en cada una de ellas.

## **2.2 Prácticas industriales en Costa Rica que utilizan fuentes radiactivas**

Para esta investigación, se considera la definición de industria de manera general, ya que deben ser incluidas todas aquellas que utilizan fuentes radiactivas sin importar la finalidad de estas. Según la Real Academia Española (s.f), una industria es “un conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales” (párr. 2), mientras que para las Naciones Unidas (2005) “se define como el conjunto de todas las unidades de producción que se dedican primordialmente a un mismo tipo o tipos similares de actividades económicas productivas” (p.5).

Por otro lado, una práctica industrial que utilice fuentes radiactivas para hacer efectivas ciertas tareas y para la generación de un producto o un servicio, es definida en el Glosario de Seguridad Tecnológica del Organismo de Energía Atómica, publicado en el 2007, como:

...toda actividad humana que introduce fuentes de exposición o vías de exposición adicionales o extiende la exposición a más personas o modifica el conjunto de vías de exposición debidas a las fuentes existentes, de forma que aumente la exposición o la probabilidad de exposición de personas o el número de las personas expuestas (p.147).

Se puede decir entonces que, cualquier industria pública o privada que genere un producto o preste un servicio y, para lograrlo en su procedimiento utilice en algún momento fuentes de radiación ionizante, se considera una práctica industrial radiactiva. En Costa Rica existen industrias que hacen uso de radioisótopos en distintas aplicaciones, las cuales son descritas en el siguiente apartado.

### **2.2.1 Aplicaciones de las fuentes radiactivas en la industria costarricense**

#### **2.2.1.1 Medidores de niveles y espesores**

Este sistema está compuesto por un dispositivo blindado que posee una fuente radioactiva en su interior y un sistema detector. Se pueden utilizar para conocer el contenido de líquido que posee un recipiente, por tal motivo, se le conoce como medidor de nivel. Su funcionamiento consiste en colocar la fuente a un lado del recipiente y el detector al lado opuesto, así cuando se emite radiación, el haz pasa por el recipiente y llega al sistema detector. La medición del nivel se logra

porque la intensidad de la radiación es dependiente de la cantidad de líquido que posee el recipiente (González y Figuera, 1996).

El mismo principio que se describió anteriormente es el utilizado para la medición de espesores; es decir, la atenuación de la radiación que se produzca a la hora de atravesar el material indicará el espesor, entre más grueso o más denso sea el material, menos es la radiación que pasa al detector o mayor es la atenuación. De esta manera, se logran medir las densidades de los materiales y los niveles de llenado en las fábricas embotelladoras (Roig, 2013).

En la industria de metal generalmente se usa emisión gamma, pero en la industria plástica emisión beta (Roig, 2013). Además, se dice que, para medir niveles de recipientes grandes, en algunos países se usan fuentes de Cs-137 y para medir recipientes pequeños Co-60. Sin embargo, generalmente las fuentes que se utilizan en estos casos son selladas con emisión gamma, y la escogencia de esta, se basa principalmente en las dimensiones y el contenido de lo que se desea medir; es decir, va a depender del fin de cada industria (González y Figuera, 1996).

#### **2.2.1.2 Gammagrafía industrial**

Esta es una técnica que se utiliza principalmente para evaluar el estado de calidad de materiales. Se caracteriza por ser un procedimiento no destructivo utilizado con frecuencia en industrias siderúrgicas, petroleras, navales y otras, cuyo objetivo principal es determinar la existencia de defectos en la soldadura de materiales (Ermacora, 2005).

La radiografía es realizada generalmente a partir de la radiación gamma que emite un radioisótopo, los más utilizados son Iridio-192, Cobalto-60, Cesio-137 y Selenio-75. Comúnmente estas fuentes son selladas, contenidas en lugares fijos, móviles o portátiles (Ermacora *et al.*, 2013).

Los equipos de gammagrafía industrial que tienen fuentes fijas, poseen pocos riesgos radiológicos; no obstante, en los equipos portátiles el nivel de exposición es considerable, se puede decir que, sí poseen un riesgo potencial de sobre-exposición (Ermacora, 2005). La radiografía industrial es uno de los métodos que posee mayor riesgo ocupacional, esto porque algunas fuentes gamma pueden ser de 20 Ci y en muchas ocasiones la supervisión es poca por encontrarse en sitios poco accesibles (Cárdenas *et al.* 2013).

### 2.2.1.3 Densimetría nuclear

Un densímetro nuclear es considerado un medidor de densidad y humedad; este permite conocer con exactitud y precisión la cantidad de agua y la densidad presente en los suelos. La medición se puede hacer en diferentes composiciones como suelos terrestres, bases, agregados, hormigones y asfaltos (Troxler Electronic Laboratories, 2003). Este tipo de técnica posee la ventaja de realizar las mediciones rápidas, exactas y repetibles, además son de fácil manipulación porque son operados a mano y son móviles. Pero al emplear una fuente radioactiva se necesita una licencia para operarlos, su costo es elevado y ocupa ser calibrado en cada lugar donde se vaya a medir (Hossne y Cedeño, 2012).

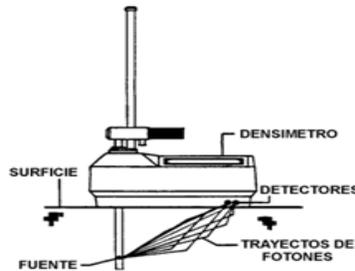
El densímetro es un dispositivo electrónico que permite determinar la densidad y la humedad sin necesidad de trasladar muestras a un laboratorio, sino que se hace en el sitio. Está compuesto por dos fuentes radiactivas, una de Cesio-137 y otra de Americio-241/Berilio, esto porque la primera se usa para medir la densidad y la segunda para medir la humedad. Generalmente, se usan fuentes con actividades de 8 mCi en el caso de Cesio-137, con emisión gamma (Aguirre *et al.*, 2010) y para Americio-241/Berilio puede ir en un rango de 10-50 mCi, con emisión de neutrones (OIEA, 2003).

Para realizar la medición de densidad, se puede hacer mediante dos formas: transmisión directa o retrodispersión. En el caso de transmisión directa (véase Figura 1) la fuente debe salir del equipo, por eso se considera de mayor peligro. En este caso, la varilla con la fuente se introduce a cierta profundidad en el suelo y, los detectores que son un tubo de Geiger Muller se encuentran en la base de la sonda, estos miden la cantidad de radiación que es emitida por la fuente. Esta radiación, para poder ser detectada, debe atravesar y chocar con todas las partículas que componen el suelo, entre más interacciones tengan los fotones con las partículas, menos radiación es detectada; entonces, entre menos fotones son detectados, más denso es el suelo (Troxler Electronic Laboratories, 2003).

La segunda forma de medición es la retrodispersión (véase Figura 2), también se le conoce como retro-transmisión. En este caso, tanto la fuente como el detector se mantienen dentro del densímetro, el cual se coloca encima de la superficie que se desea cuantificar. La radiación gamma ingresa a la superficie, esta es dispersada y posteriormente detectada y cuantificada por los detectores. Esta técnica es generalmente usada para analizar capas delgadas como asfalto y losas de concreto (Cateriano, 2006).

## Figura 1

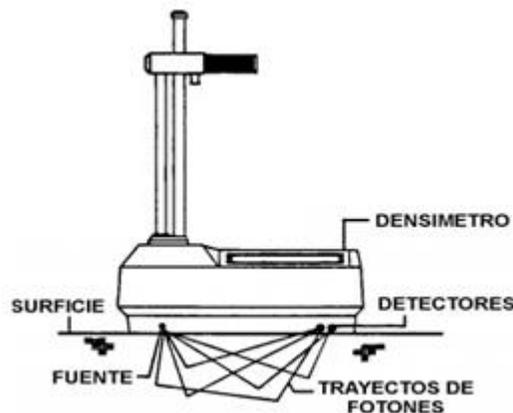
*Densímetro realizando una medición de humedad por transmisión directa en una superficie.*



*Nota.* Tomado de *Densímetro para medición de humedad-densidad* (p. 2-3), por Troxler Electronic Laboratories, 2003. [https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430\\_user\\_spanish.pdf](https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430_user_spanish.pdf)

## Figura 2

*Densímetro realizando una medición de densidad por retrodispersión en una superficie.*



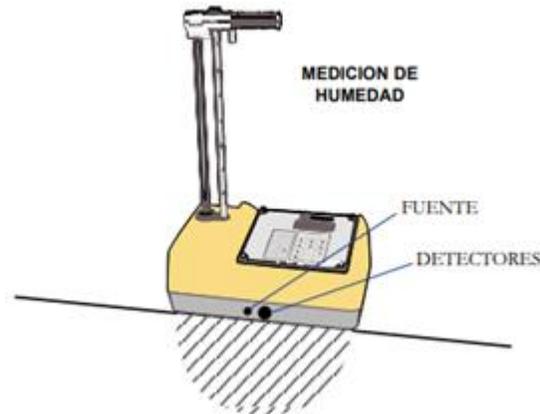
*Nota.* Tomado de *Densímetro para medición de humedad-densidad* (p. 2-3), por Troxler Electronic Laboratories, 2003. [https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430\\_user\\_spanish.pdf](https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430_user_spanish.pdf)

Para la medición de la humedad (véase Figura 3) tanto la fuente de Americio-241/Berilio, como el detector de neutrones, se mantienen dentro del densímetro, que a su vez se coloca encima de la superficie a analizar (Aguirre *et al.*, 2010). En este caso, los neutrones que salen de la fuente e ingresan a la superficie, son termalizados; es decir, son frenados al estar chocando con el hidrógeno y otras partículas, y como el detector es sensible a los neutrones frenados, se puede relacionar directamente con la humedad de la superficie. En síntesis, la cuantificación de

neutrones termalizados es directamente proporcional al grado de humedad/hidrógenos del suelo (Cateriano, 2006).

### Figura 3

*Densímetro realizando una medición de humedad en una superficie.*



*Nota.* Tomado de *Seguridad Radiológica de Equipos Portátiles Utilizados en la Industria. Trabajo presentado en el I Congreso Americano de IRPA por la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, México* (p. 5), por M. Cateriano, 2006. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/38/048/38048840.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/048/38048840.pdf)

Como se pudo observar dependiendo del objetivo de la práctica industrial, el tipo de equipo y las fuentes radiactivas son diferentes, algunas tienen mayor actividad y periodos de semidesintegración que otras; esto indica que las condiciones en la manipulación, almacenaje, operación y transporte de los equipos y de fuentes pueden ser diferente. Es por ello, que es importante conocer cómo están clasificados los espacios físicos donde se desarrollan dichas actividades y cuáles son las condiciones óptimas para transportar los equipos o fuentes.

#### **2.2.2 Clasificación de las instalaciones radiactivas**

Para efectos del presente trabajo, cuando se habla de instalaciones radiactivas se hace referencia al espacio físico donde se produzca, utilice, manipule o se almacene material radiactivo y que, en caso de daño a dicha instalación, se podría producir una emisión significativa de radiación (OIEA, 2007). Estas van a ser clasificadas en tres categorías, las de mayor riesgo son las instalaciones Categoría I, seguidas las de Categoría II y las de menor riesgo son las de Categoría III (CSN, 2015b).

Según el Reglamento sobre Protección contra la Radiación Ionizante vigente en Costa Rica, los aspectos que se toman en cuenta para esta clasificación son: peligrosidad del equipo o fuente

emisora; complejidad en la manipulación de equipos o fuentes; cantidad de personal que está expuesto directa o indirectamente; y las posibles consecuencias que puede generar un accidente radiológico para el ser humano y el ambiente (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995). Sin embargo, a diferencia del sistema usado en España, en Costa Rica se clasifican en cuatro tipos.

En el caso de las prácticas industriales en el país, esta clasificación está en el Reglamento sobre Protección contra la Radiación Ionizante de la siguiente manera (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995):

- Tipo I: Irradiadores industriales; instalaciones donde se manipule o trate material radiactivo; instalaciones donde se almacene o utilice equipos de gammagrafía o radiografía industrial, que utilicen fuentes radiactivas o emisores de Rayos X; depósitos de material radiactivo permanente o transitorio; instalaciones donde se elaboren, reparen o se dé mantenimiento de fuentes o equipos emisores de radiación ionizante.

-Tipo II: Instalaciones donde se almacenen equipos con fuentes selladas tales como: medidores de nivel, densímetros, medidores de flujo, pesómetros.

-Tipo III: Instalaciones que contengan equipos de fluoroscopia para uso industrial.

-Tipo IV: Instalaciones que contengan fuentes patrones; instalaciones que vendan o alberguen detectores de humo con fuentes radiactivas; e instalaciones donde usen equipos de Rayos X para supervisar el bagaje o correspondencia.

### **2.2.3 Transporte de material radiactivo**

El transporte de material radiactivo es muy utilizado en las prácticas industriales, ya que muchos equipos son portátiles, como los equipos de gammagrafía y densímetros, y deben movilizarse hasta el sitio donde se va a realizar las mediciones. También está el transporte de fuentes cuando se importa por primera vez el equipo o cuando se importa una nueva fuente y se exporta la antigua porque el periodo de vida útil ha expirado.

Por medio de transporte se entenderá como cualquier vehículo utilizado para desplazar los equipos o fuentes radiactivas de un lugar a otro (OIEA, 2012) y para efectos del presente trabajo sólo se incluye el transporte terrestre. Mientras que la persona, organización u organismo encargado de movilizar o transportar en el vehículo el material radiactivo se le denomina transportista (OIEA, 2012).

El transporte de fuentes o equipos radiactivos implica un riesgo radiológico, por ende es importante que existan regulaciones y condiciones que deben de cumplirse con el objeto de: evitar una dispersión de material radiactivo y prevenir que el transportista y demás personas involucradas incorporen material, si se encuentran cerca de la fuente; mitigar los posibles riesgos radiológicos; prevenir daños generados por el calor producido por algunos bultos; y evitar que los materiales fisionables produzcan una reacción en cadena (CSN, 2015c).

Uno de los aspectos importantes a considerar para el transporte de material es el bulto, este se define como el objeto resultante de la operación de embalaje, se incluye el material radiactivo a transportar y su envoltura (OIEA, 2007). Mientras que el embalaje hace referencia a toda la envoltura necesaria que se debe de tener para poder contener de manera segura el material a transportar. Los bultos tienen una clasificación y esta va a depender de la cantidad de material a contener (actividad) (OIEA, 2012). Se clasifican de la siguiente manera:

- Bulto exceptuado: Incluye aquellos que poseen un contenido radiactivo sumamente bajo y los riesgos potenciales no tienen significancia, debe de cumplir que en su superficie el nivel de radiación no pase los 5  $\mu\text{Sv/h}$  (OIEA, 2010a).
- Bultos industriales: Estos son conocidos como BAE (Baja Actividad Específica) u OCS (Objetos Contaminados Superficialmente). En estos el nivel de radiación no debe superar los 10  $\text{mSv/h}$  a 3 metros de distancia. Hay de tres tipos: BI-1 (tipo 1) se usa principalmente para el transporte de minerales; el BI-2 (tipo 2) se usa para el transporte de materiales líquidos o gaseosos y el BI-3 (tipo 3) transporta materiales sólidos (OIEA, 2012).
- Bulto tipo A: Son aquellos bultos que están destinados a transportar material radiactivo en cantidades pequeñas. Estos bultos están limitados a dos valores  $A_1$  y  $A_2$ , es decir, no debe de superar estos valores, el  $A_1$  cuando se trate de un transporte especial y el  $A_2$  para los otros materiales radiactivos. Estos valores se pueden consultar en la tabla 4 (OIEA, 2012).
- Bulto tipo B: Pueden ser dos modalidades  $B(U)$  y  $B(M)$ . Superan los valores de  $A_1$  y  $A_2$ ; deben ser resistentes al agua, a golpes y al calor. Los  $B(U)$  solo necesitan la aprobación de la autoridad competente donde se fabrique el bulto, mientras que el  $B(M)$  se utiliza cuando vaya a circular en diferentes países y necesite la aprobación de todos los involucrados (CSN, 2015c).
- Bulto tipo C: Es la clasificación que se utiliza para el transporte de material radiactivo aéreo (CSN, 2015c).

**Tabla 4**

Valores básicos de actividades para radionucleidos o mezclas respecto de los cuales no se dispone datos.

Contenido Radiactivo	A <sub>1</sub> (TBq)	A <sub>2</sub> (TBq)
Solo se conoce la presencia de nucleidos emisores beta o gamma.	0,1	0,02
Se sabe que existen nucleidos emisores alfa, pero no emisores de neutrones	0,2	9 x 10 <sup>-5</sup>
Se sabe que existen nucleidos emisores de neutrones o no se dispone de ningún dato pertinente	0,001	9 x 10 <sup>-5</sup>

*Nota.* Adaptación. Tomado del *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos* (p. 48), por el OIEA, 2012. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s_web.pdf)

Las características descritas anteriormente sobre el uso de las radiaciones ionizantes evidencian que éstas efectivamente pueden beneficiar y hacer más eficientes muchos procesos industriales, pero a la vez representan un riesgo para la salud de los individuos, por lo tanto, es importante que se implementen medidas con fines de protección contra los posibles efectos producto de la exposición a la radiación ionizante tanto del personal expuesto como del público en general y al medio ambiente.

### 2.3 Aspectos de Seguridad y Protección Radiológica

El objetivo fundamental de la seguridad y protección radiológica, según lo especifica el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2016), es minimizar las consecuencias dañinas sobre las personas y el medio ambiente a causa del uso de la radiación ionizante, sin obstaculizar las prácticas beneficiosas para la sociedad que utilizan este tipo de radiación. En consecuencia, el OIEA (2016) afirma que “el sistema de protección y seguridad debe evaluar, gestionar y controlar la exposición a la radiación ionizante con el fin de reducir, en la medida en que sea razonablemente posible, los riesgos radiológicos” (p.3)

De acuerdo con el Decreto Ejecutivo 783 de España (2001), el cumplimiento de dicho objetivo en un ambiente laboral, se logra a través de la realización de una serie de gestiones básicas principales de manera sucesiva:

- En primera instancia, se debe realizar una valoración previa de las condiciones en que se realizan las labores en las instalaciones, para así establecer cuál es el riesgo radiológico existente y concebir la idea de cómo se debe aplicar el principio de optimización según los elementos analizados.
- Se debe clasificar y delimitar las áreas de trabajo, tomando en cuenta el riesgo de dispersión de la contaminación y la magnitud de las exposiciones en cada una.
- Posteriormente, se debe realizar una categorización del personal ocupacionalmente expuesto en diferentes categorías según las circunstancias de su trabajo en específico.
- Se debe aplicar diversas medidas de control pertinentes a cada área de trabajo que se clasificó y a cada categoría de trabajadores expuestos, por ejemplo, una vigilancia individual.
- Se debe realizar en el lugar y a los trabajadores una inspección periódica.

Para poder cumplir con el objetivo de la seguridad y protección radiológica, es importante tener en cuenta ciertos principios y elementos que contribuyen mediante su aplicación, a reducir el riesgo de la radiación ionizante, así como a evidenciar la importancia de una inspección radiológica.

### **2.3.1 Principios de la Seguridad y Protección radiológica**

Según el CSN (2012a), las medidas de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes buscan la justificación de su utilización con respecto a los beneficios que aporta, además de la optimización en términos de dosis y personas expuestas y el cumplimiento de los límites de dosis establecidos. Por ende, el OIEA (2016) dicta tres principios generales importantes:

1. **Justificación:** este principio expone que se acepta exclusivamente el uso de la radiación en las prácticas que resultan más beneficiosas que perjudiciales, y que no existe otra opción mejor acorde con las posibilidades. Las evaluaciones necesarias para justificar una práctica las deben realizar un órgano competente, contemplando el beneficio y perjuicio resultante del procedimiento, la idoneidad de la práctica, cuestiones éticas y legales y la disponibilidad de recursos necesarios para desarrollar los procesos en condiciones seguras.

2. Optimización: se refiere a que la cantidad de dosis y personas expuestas debe ser tan baja como sea razonablemente posible, sin afectar el resultado de la práctica dada y tomando en cuenta factores sociales, económicos y ambientales. Con esto se asegura el mejor nivel de protección posible según las circunstancias existentes, tanto en tecnología como en conocimiento humano.
3. Limitación de Dosis: para una práctica dada se debe establecer límites de dosis recibidas, de manera que el riesgo derivado se encuentre dentro de niveles aceptables para la sociedad. El OIEA (2016) la define como el “valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos en situaciones de exposición planificadas que no se debe rebasar” (p.420)

### **2.3.2 Medidas básicas de Protección Radiológica**

Las medidas básicas de protección radiológica son aspectos que se deben tomar en cuenta para restringir la exposición de los individuos y se pueden aplicar sobre la fuente de radiación, el medio a través del cual la radiación puede llegar a las personas o sobre las propias personas expuestas, ya que, por medio de esas tres formas, se relacionan la fuente y el individuo (CSN, 2012b).

Según López (2002) se pueden emplear las siguientes medidas básicas para reducir la dosis de radiación tanto como sea posible, en el desarrollo de una práctica que involucre exposición a la radiación:

1. Distancia: La intensidad de la radiación varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde la fuente, es decir, entre más distancia entre el individuo y la fuente de radiación, menor exposición habrá y las condiciones de trabajo serán más aceptables.
2. Tiempo: Una medida para disminuir la dosis de radiación, es disminuir el tiempo de operación, ya que, si se reduce el tiempo de exposición a la mitad, la dosis disminuye proporcionalmente. Por ello, es importante la capacitación del personal ocupacionalmente expuesto, para que así inviertan el menor tiempo posible en sus funciones.
3. Blindaje: en algunas situaciones el manejo de los elementos anteriores no es suficiente para reducir la dosis, siendo necesario la utilización de un blindaje, es decir, una barrera física entre la fuente y el operador compuesta de un material y espesor según la energía y tipo de la radiación, que provoca que la tasa de dosis se reduzca lo posible. Algunos ejemplos de blindaje son: paredes plomadas de las salas, delantales o guantes plomados.

### **2.3.3 Inspección Radiológica**

El propósito básico de una inspección, según el OIEA (2010b) es llevar a cabo “un examen, medición o prueba realizados por el órgano regulador, o en su nombre, con el fin de evaluar las estructuras, sistemas, componentes y materiales, así como los procesos, procedimientos y actividades de explotación, y la competencia del personal” (p.3). Por otra parte, la Dirección General de Protección Civil (2003) menciona que “ayuda a verificar si se han tomado las medidas adecuadas para garantizar un alto nivel de protección a las personas, los bienes y el medio ambiente” (p.15).

#### **2.3.3.1 Finalidad de una inspección radiológica**

De acuerdo con el OIEA (2010b) la inspección es dirigida a los equipos, a la organización y la gestión de seguridad en las instalaciones según las disposiciones reglamentarias acordes a la práctica y su finalidad es el aseguramiento de los siguientes aspectos:

- a. El equipo junto con las instalaciones donde se encuentran, deben cumplir con los requisitos necesarios, ejemplo de estos requisitos son los siguientes: la infraestructura de la instalación y los lineamientos del programa de protección radiológica establecido deben coincidir con los que fueron autorizados inicialmente, también dentro de las salas blindadas deben existir y funcionar correctamente las señales de advertencia, además las contaminaciones de aire y de superficies en la zona de trabajo no deben sobrepasar los límites establecidos.
- b. Los documentos legales correspondientes deben existir y estar vigentes, ejemplos de estos documentos son los manuales de procedimientos de la industria, inventario de las fuentes de radiación, registros de utilización de las fuentes radiactivas, así como registros de dosimetría individual del personal.
- c. El personal ocupacionalmente expuesto debe poseer los conocimientos necesarios para desempeñar óptimamente sus labores, en cuanto a esto, se debe llevar un registro de las capacitaciones de cada uno de los trabajadores.
- d. Si se presenta algún incumplimiento de los requisitos, se debe manifestar y corregirse, o si es el caso, justificarse. Un ejemplo de ello es que un blindaje no esté reduciendo la dosis adecuada.
- e. Se debe dar una gestión de seguridad satisfactoria, actualizando los programas de seguridad y protección radiológica y fomentando el interés en todos los trabajadores.

Para llevar a cabo una inspección idónea se debe tener en cuenta los documentos normativos o recomendados, que establezcan los puntos clave por valorar. Existen diversas organizaciones que se encargan de emitir dichos criterios, y es importante conocerlas.

## **2.4 Criterios normativos y de recomendación radiológicos**

Con el propósito de poder cumplir con los principios de seguridad y protección radiológica, a nivel nacional existen criterios normativos o reglamentos ya establecidos para vigilar las prácticas radiactivas industriales. En Costa Rica se encuentra el “Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes” N° 24037-S; a pesar de que es generalizado para todas las prácticas con radiación ionizante, cualquier práctica industrial debe cumplir con lo ahí estipulado ya que es el único vigente en el país.

Los reglamentos tienen como propósito aclarar, precisar o complementar las leyes. Estas últimas se consideran normas generalizadas, mientras que lo dispuesto en un reglamento es una forma de interpretación y precisión de la ley; es decir, son un conjunto de reglas útiles para poner en práctica las leyes. Esta definición es válida para los reglamentos ejecutivos; sin embargo, existen reglamentos autónomos de organización, que son aquellos que no se fundamentan en una ley previa, por ello, son de carácter interno y no poseen validez fuera del ámbito en el que se creó. También están los reglamentos autónomos de servicio, a diferencia del anterior, sí poseen incidencia externa, pero están sujetos a subordinación a cualquier ley futura en el mismo ámbito (Jinesta, 2009).

En el caso del “Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes”, este se puede considerar como un reglamento ejecutivo, ya que este fue diseñado bajo los estándares propuestos en: la Constitución Política, la Ley Básica de Energía Atómica para Usos Pacíficos, N°4383 y la Ley General de la Salud. En Costa Rica, el Ministerio de Salud es la autoridad competente para aplicar dicho reglamento, entre sus funciones se encuentra la creación de normas y criterios que pueden complementar el reglamento vigente para la protección humana y del ambiente ante las radiaciones ionizantes; así como la aprobación de permisos para el funcionamiento de equipos o fuentes emisoras de radiación y su respectiva supervisión de las prácticas radiológicas (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995).

Por otro lado, también existen entes internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el cual fue creado en 1957 con el propósito de servir como foro de cooperación técnico-científico para desarrollar e impulsar el uso de energía nuclear con fines pacíficos. Es por ello que se encarga de diseñar estándares de seguridad, mediante normas de carácter

recomendatorio, para lograr altos niveles de seguridad tecnológica y física en sus Estados miembros (CSN, s.f.a), del cual Costa Rica es miembro desde 1965 (OIEA, 2019).

La finalidad de una Norma, según el Organismo Internacional de Energía Atómica es “prescribir requisitos a las personas jurídicas autorizadas a realizar prácticas que causan exposición a la radiación, o a intervenir con el fin de reducir exposiciones existentes; tales personas jurídicas son las principales responsables de la aplicación de las Normas” (2010b, p.2).

También se puede definir una norma de seguridad como “reglamentos, disposiciones o códigos prácticos establecidos para proteger al hombre y al medio ambiente contra las radiaciones ionizantes y reducir al mínimo el peligro para las personas y bienes” (OIEA, 2016, p.XVIII). Se debe tener presente que estas se consideran de carácter recomendatorio; es decir, las naciones pueden utilizarlas como base para formular sus propios reglamentos, pero no están obligados a su cumplimiento total, sino que es la entidad reguladora de cada nación quien decide qué aspectos normativos se ajustan al contexto.

Estas Normas de Seguridad son publicadas mediante tres formas distintas: *Nociones Fundamentales de Seguridad*, donde se establecen los objetivos y principios fundamentales de seguridad y protección radiológica; los *Requisitos de Seguridad*, donde se expone los requerimientos que se deben de cumplir para asegurar la protección del ambiente y las personas; y las *Guías de Seguridad*, donde se proponen recomendaciones e instrucciones para cumplir los requisitos, así como buenas prácticas radiológicas (OIEA, 2016).

Otros documentos que son publicados por el OIEA y que, pese a no considerarse como normas de seguridad en sí, sirven de apoyo en materia de seguridad y protección radiológica, son los denominados TECDOC. Estos son documentos técnicos redactados a partir de las experiencias prácticas laborales del organismo y son más específicos; se pueden considerar como un informe de labores. Un ejemplo sería el TECDOC-1526, donde se recoge información relevante y brinda orientaciones prácticas para el proceso de inspección de fuentes de radiación (Organismo de Energía Atómica, 2010b).

También existen otros entes internacionales que brindan normativas en temas de seguridad y protección radiológica, que pueden ser de utilidad para el desarrollo del presente trabajo. En Europa se encuentra EURATOM, un Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica, creado en 1958, el cual se encarga de establecer normas de seguridad uniformes en temas de protección radiológica para el público y el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).

Además, vela porque los materiales nucleares sean usados con fines establecidos y promover el progreso del uso pacífico de la energía nuclear (CSN, s.f.b).

Cabe destacar que el término POE hace referencia a todo individuo que ejecuta actividades directa o indirectamente relacionadas con el manejo o utilización de fuentes radiactivas con fines laborales en una instalación o manipule equipos emisores de radiaciones ionizantes (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995)

En España existe el Consejo de Seguridad Nuclear, que a su vez es integrante de EURATOM. Este tiene la potestad para la elaboración de normativas nacionales de carácter obligatorio y se encarga de adecuarlas a la normativa internacional; además, elabora y aprueba instrucciones, circulares y guías en materia de protección radiológica (CSN, s.f.b).

Otros entes internacionales más tropicalizados y cercanos a Costa Rica son: el Centro Nacional de Seguridad Nuclear en Cuba, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias en México, la Autoridad Regulatoria Nuclear en Argentina, la Comisión Chilena de Energía Nuclear y el Instituto Peruano de Energía Nuclear.

Para el desarrollo del trabajo, se espera tomar en cuenta aquellas normativas y recomendaciones que establecen los entes internacionales anteriormente citados y que se adecúe a los objetivos planteados; es decir, aquellas que tengan relación directa con las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas y que también cumplan con los requerimientos promulgados en el Reglamento Sobre Protección Radiológica vigente en el país.

## **Capítulo 3. Marco metodológico**

### **3.1 Descripción general de la estrategia**

La presente investigación se realizó a partir de un enfoque mixto. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), los enfoques mixtos:

...representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008; citado por Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 534).

Por lo tanto, el enfoque utilizado en este seminario permitió abarcar de una manera más precisa el problema en estudio, de modo que la recolección y análisis de datos de los que hablan Hernández y colaboradores fueron apropiados para con los objetivos propuestos.

#### **3.1.1 Etapas de la investigación**

##### **3.1.1.1 Etapa diagnóstica**

La primera etapa del seminario consistió en visitar las instalaciones del Ministerio de Salud, para hacer una revisión de los expedientes de las industrias que se encuentran autorizadas por dicha institución para la operación y para el transporte de fuentes radiactivas, durante el primer semestre del 2020.

Inicialmente, se analizó un conjunto de expedientes como representación de los principales usos de las fuentes radiactivas en la industria costarricense, seleccionados por un funcionario de la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud con amplio conocimiento y experiencia en el tema. Con base en dichos expedientes y la colaboración del mismo representante del MS, la tabla de cotejo elaborada (véase anexo 3) se ajustó de acuerdo con los elementos observados, para así establecer una versión final de la tabla, con la cual se recolectó posteriormente los datos de todos los expedientes de las industrias que emplean fuentes radiactivas.

La información recolectada fue la pertinente para esclarecer la protección radiológica necesaria para cada práctica industrial en el país, por ejemplo: la cantidad de empresas que utilizan fuentes radiactivas junto con el uso específico que se le da, el número de fuentes que posee cada una y la actividad de estas.

Cordero (2018) y Rodríguez (2018) manifestaron que en el MS no se tiene un panorama claro de la totalidad de industrias que emplean fuentes radiactivas, sino que se maneja información muy general, por lo que se procedió a revisar cada uno de los expedientes relacionados con industrias (tanto con fuentes como con equipos emisores de radiación), de modo que se pudo determinar de manera exacta la cantidad que hace uso de fuentes radiactivas. (M. Cordero, comunicación personal, 12 de septiembre del 2018; y R. Rodríguez, comunicación personal, 25 de setiembre de 2018).

Para el logro de lo anteriormente descrito, se utilizó un enfoque cuantitativo, ya que se manejaron datos numéricos de la información recolectada en los expedientes, con el fin de acotarla y posteriormente proceder con su caracterización. El proceso se llevó a cabo bajo el máximo control, para evitar que se presentaran explicaciones distintas a la propuesta en el estudio. Por tanto, fue un procedimiento con alta estructuración, realizado a partir de decisiones críticas previas por parte de las investigadoras.

#### **3.1.1.2 Etapa de elaboración de la guía**

Con base en lo descrito previamente y en el análisis de las normativas y recomendaciones a nivel nacional e internacional referentes a seguridad y protección radiológica en esta área, se elaboró una propuesta de guía de inspección en cuanto a seguridad y protección radiológica, acorde con los requerimientos de las industrias que utilizan fuentes radiactivas en el país.

Todo el proceso de elaboración de la guía correspondió a la segunda etapa del seminario y se pretendía abarcar aspectos de operación y de transporte de fuentes radiactivas, de manera que se pudiera evaluar a las industrias que, además de utilizarlas para la elaboración de bienes o prestación de servicios, se encargaran de movilizarlas en el territorio nacional.

Esta segunda etapa se realizó a partir de un enfoque cualitativo, donde las investigadoras analizaron dichos documentos y a partir de su conocimiento en el tema, junto con la información obtenida a través de la asesoría por parte de personal del Ministerio de Salud, determinaron los principales aspectos que se debían incluir en la guía de inspección.

#### **3.1.1.3 Etapa de evaluación de la guía**

Finalmente, en la tercera etapa se evaluó la idoneidad del instrumento elaborado, a partir del criterio de expertos en el tema, a los cuales se les presentó la guía para que la analizaran y posteriormente completaran un cuestionario sobre la misma, donde además efectuaron comentarios fundamentados. Así mismo, se pretendió aplicar una prueba piloto en algunas de

las industrias, por parte de las investigadoras en conjunto con un representante de la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud, de modo que también se evaluara la guía de manera práctica; sin embargo, debido a las restricciones sanitarias generadas por el COVID-19, se suspendieron las visitas a las instalaciones de las industrias (este tema se explica más a fondo en el apartado de limitaciones del capítulo 4).

En cuanto al criterio de los expertos, se empleó un enfoque cuantitativo, dado que se hizo uso de un cuestionario con una serie de indicadores para la evaluación del contenido y estructura de la guía, utilizando una escala de Likert. Luego, para la posterior aplicación de la guía en ciertas industrias, se pretendió utilizar un enfoque cualitativo, donde el investigador describiera, valorara e interpretara si la guía resultaba apta para lograr el objetivo de su elaboración, pero como se mencionó anteriormente, se suspendieron las visitas a las instalaciones.

### **3.2 Descripción de la metódica de cada experiencia investigativa**

#### **3.2.1 Tipo de estudio**

De acuerdo con la finalidad de la presente investigación, esta se puede clasificar como aplicada, ya que se emplearon conocimientos previamente existentes en el tema de seguridad y protección radiológica para orientar la propuesta de guía de inspección de las industrias que utilizan fuentes radiactivas en el país.

Asimismo, es de tipo transversal, debido a que se realizó la recolección de información sobre las condiciones en las que se desarrollan las prácticas industriales autorizadas para la utilización de fuentes radiactivas en el I semestre del 2020, la cual está contenida en el expediente de cada una de dichas industrias. Esta información fue posteriormente analizada y permitió determinar qué elementos sobre seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en la guía de inspección, de manera que se abarcaran las condiciones particulares de cada una de las industrias en dicha guía.

El presente seminario de graduación, en cuanto a la profundidad y la dimensión temporal, se cataloga como descriptivo, ya que se presentó el panorama actual en el uso de las fuentes de radiación ionizante a nivel industrial; este no solamente se basó en la recolección de la información, sino que, mediante la ubicación de las variables en cada industria y la observación, se llegó a la descripción de situaciones, a detallar cómo son y cómo se manifiestan en el momento de efectuar la investigación. De igual modo, se describió el contenido de las normas nacionales e internacionales aplicables en dicha área a nivel de Costa Rica, de manera que a

partir de las mismas se pudo elaborar la guía de inspección y posteriormente evaluar su idoneidad.

Con respecto al carácter de medida, el estudio es cuantitativo, porque se manejaron datos numéricos de la información obtenida de los expedientes, con el fin de acotarla para efectuar la caracterización de las industrias, así como para la evaluación de la guía elaborada en la etapa final del seminario. De igual manera, es una investigación cualitativa, en las etapas donde se analizaron normativas nacionales e internacionales, con el fin de determinar los principales aspectos que se debían abarcar en la guía de inspección.

### **3.2.2 Unidad de análisis**

En la etapa del seminario donde se efectuó la elaboración de la guía, la unidad de análisis estuvo constituida por los expedientes de las industrias que se encuentran autorizadas por el Ministerio de Salud de Costa Rica para la utilización de fuentes radiactivas, durante el primer semestre del 2020.

Posteriormente, en la etapa de evaluación del instrumento, la unidad de análisis fue la propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica elaborada.

### **3.2.3 Criterios de confiabilidad**

El seminario fue desarrollado por cuatro integrantes con conocimientos sobre radiaciones ionizantes, específicamente en el área de seguridad y protección radiológica, adquiridos en diversos cursos teóricos y prácticos a lo largo de la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica. Por lo tanto, se contó con varias investigadoras que debieron observar, analizar e interpretar la información obtenida y finalmente llegaron a un consenso, el cual le brindó confiabilidad al estudio.

Además, en el transcurso de la investigación, hubo personal del Ministerio de Salud con amplia experiencia en el tema, supervisando y guiando el trabajo efectuado (véase anexo 2). Por lo tanto, se contó con una visión múltiple del tema en estudio.

### **3.2.4 Criterios de validez**

La guía de inspección en cuanto a seguridad y protección radiológica que se generó como producto del seminario, fue diseñada a partir de documentos normativos y recomendados procedentes de entidades nacionales e internacionales de amplia trayectoria y con aportes altamente reconocidos a la temática, como ejemplo de ello se pueden mencionar al Organismo

Internacional de Energía Atómica, al Consejo de Seguridad Nuclear de España y al Ministerio de Salud de Costa Rica.

Adicionalmente, una vez que estuvo la guía completa, esta fue evaluada por expertos en el tema. Así mismo, se pretendió desarrollar una prueba piloto que se aplicaría en algunas de las industrias, para determinar la idoneidad de la misma y conferir una mayor validez a los aportes del estudio; no obstante, dicha prueba se vio interferida por la situación de la pandemia actual.

### 3.3 Definición y operacionalización de las variables del estudio

**Tabla 5**

*Operacionalización de las variables de estudio*

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumentos
Caracterizar las condiciones en las que se desarrollan las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas, autorizadas por el Ministerio de Salud y que operan en el I semestre de 2020.	Condiciones en las que se desarrollan las prácticas industriales	Conjunto de características propias y definitorias de cada práctica industrial que hace uso de fuentes radiactivas en Costa Rica.	Industrias que utilizan fuentes de radiación ionizante	Cantidad de industrias.	Instrumento de recolección de datos para la caracterización de las industrias (véase anexo 3)
			Tipo de instalación	-Tipo I -Tipo II -Tipo III -Tipo IV	
			Industria según aplicación de la fuente de radiación ionizante.	Cantidad de industrias dedicadas a: -Medición de niveles y espesores -Gammagrafía industrial -Densimetría nuclear	
			Fuentes emisoras de radiación ionizante con que cuentan las industrias.	Cantidad de fuentes con que cuenta cada empresa para cada aplicación.	

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumentos
			Actividad de las fuentes que utiliza la industria	Actividad media en GBq de cada una de las fuentes de radiación utilizadas por cada industria	
			Personal autorizado para manipular las fuentes que utiliza la industria	Cantidad de personal.	
			Vehículos autorizados para el transporte de fuentes radiactivas	Cantidad de vehículos	
			Transportistas capacitados para el transporte de fuentes radiactivas	Cantidad de transportistas	
			Clasificación de bultos que se utilizan en el transporte de material radiactivo.	-Bulto exceptuado -Bulto industrial (BAE) -Bulto tipo A -Bulto tipo B(U) -Bulto tipo B(M) -Bulto tipo C	
			Grado de acuerdo de expertos con el contenido de la guía		

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumentos
Evaluar la idoneidad de la propuesta de guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica destinada a las industrias que utilizan fuentes radiactivas	Idoneidad de la guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica	Cumplimiento de las condiciones necesarias u óptimas de la guía de inspección en términos de fondo y forma del documento para la evaluación de la seguridad y protección radiológica.	Grado de acuerdo de expertos con que la redacción de la guía es comprensible	1: Muy en desacuerdo	Cuestionario dirigido a expertos (véase Anexo 4)
			Grado de acuerdo de expertos con la estructura del documento.	2: En desacuerdo. 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo	
			Grado de acuerdo de expertos con el formato del documento	4: De acuerdo. 5: Muy de acuerdo	
			Grado de acuerdo de expertos en que se emplean parámetros actualizados		
			Grado de acuerdo de expertos en que la guía se adecúa a la realidad nacional		
			Grado de acuerdo de expertos con la importancia de la guía (suple el problema de investigación)		

<b>Objetivo específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumentos</b>
			Valoración general de la guía de inspección	1: Muy poco útil 2: Poco útil 3: Regular 4: Útil 5: Muy útil	

*Nota.* Elaboración propia, 2020.

### **3.4 Definición de los procedimientos de recolección de información**

#### **3.4.1 Caracterización de las industrias**

Se realizó la revisión de un conjunto de expedientes de las industrias que utilizan fuentes de radiación ionizante, facilitados por el Ministerio de Salud y, en compañía de un representante del Área de Control de Radiaciones de dicha entidad, se acoplaron los elementos observados a la lista de cotejo realizada (véase anexo 3). A partir de dicha lista de cotejo final obtenida, se recolectaron posteriormente los datos relacionados con seguridad y protección radiológica de la totalidad de los expedientes de las industrias. Para este último punto, fue ineludible revisar todos los expedientes relacionados con industrias (tanto con fuentes como con equipos emisores de radiación).

#### **3.4.2 Elaboración de la guía de inspección**

Se efectuó primeramente una compilación y análisis de las normativas y recomendaciones vigentes existentes a nivel nacional e internacional en materia de seguridad y protección radiológica en el área industrial; la cual permitió mediante un proceso de deliberación, identificar los principales lineamientos que se debían incluir en la guía de inspección al acoplarlos según la realidad nacional.

#### **3.4.3 Evaluación de la guía de inspección**

Para el proceso de evaluación se contó con cinco profesionales que cumplieron con los siguientes requisitos: contar mínimo con un título de licenciatura y poseer formación académica en cuanto a seguridad y protección radiológica; así que fue indispensable que contaran con un curso avanzado de seguridad y protección radiológica, debidamente autorizado por el ente rector. Además, los expertos a lo largo de su carrera profesional desempeñaron labores vinculadas con la seguridad y protección radiológica, con mínimo cinco años de experiencia en este tipo de actividades. A cuatro expertos más, los requisitos les fueron modificados, permitiéndoles menos años de experiencia, para así ampliar la cantidad de expertos y contar con una evaluación más integral de la guía, que supiera el plan piloto que iba a ser realizado.

Una vez confirmados los expertos se procedió a realizar una reunión virtual con los mismos, la cual estuvo conformada por dos partes; en la primera las integrantes del seminario realizaron una presentación donde se expusieron los objetivos por desarrollar en el trabajo y una breve explicación de las etapas ya efectuadas del seminario: la caracterización de las industrias y la

elaboración de una guía de inspección para industrias que utilizan fuentes radiactivas. Posteriormente, se procedió a detallar el procedimiento que debían seguir los expertos en la evaluación. Finalmente, la segunda etapa, consistió en abrir un espacio para que los expertos hicieran sus consultas y así poder aclararlas.

El procedimiento de evaluación se efectuó en dos partes, en la primera los expertos revisaron la guía y completaron un formulario (véase anexo 5) donde anotaron cada observación que realizaban sobre el documento. Una vez concluida esta etapa, procedieron a completar un cuestionario (véase anexo 4) donde los expertos conocedores del tema, evaluaron la suficiencia de información, claridad, coherencia, actualización, importancia y el alcance de la guía de inspección elaborada, para validar su aplicación en las industrias costarricenses.

En el cuestionario respondido por los expertos, primeramente, se definió el objetivo de dicho proceso para que tuvieran clara la finalidad de la evaluación, ya que podría utilizarse con distintos propósitos. Una vez que se recibieron las respuestas de los cuestionarios, se calculó la concordancia entre jueces con el coeficiente estadístico Kendall, para poder estimar su confiabilidad.

### **3.5 Definición de los procedimientos y las técnicas de análisis**

Para el análisis de los resultados se hizo importante tomar en cuenta el enfoque mixto de la investigación. En las etapas cuantitativas, cuando se recolectó la información, esta se trasladó a una matriz y se analizó mediante procedimientos estadísticos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Para realizar el análisis de la información de la presente investigación se utilizó el software estadístico Epi-Info™ (versión 2018, *Centers for Disease Control and Prevention*, Atlanta) y hojas de cálculo de Microsoft Excel (versión 2016, *Microsoft Corporation*, Redmond).

Para el primer y cuarto objetivo de la investigación, el análisis de los datos obtenidos fue de carácter descriptivo donde se realizó una distribución de frecuencias para describir el valor obtenido en cada variable, principalmente mediante el uso de frecuencias relativas. Para ello, primero se definió en tablas las categorías por cada variable, posteriormente la frecuencia absoluta de la misma y con ello se obtuvo el porcentaje de cada categoría.

Una vez obtenidos los porcentajes correspondientes a cada categoría, se conocieron las tendencias y se determinaron conclusiones sobre las variables a estudiar y con ello, se caracterizó de manera general la aplicación de energía ionizante a nivel industrial en el país. Luego, con base en los usos específicos manifiestos a nivel nacional, se procedió a desarrollar una guía para evaluar la seguridad y protección radiológica en las industrias autorizadas por

el Ministerio de Salud, la cual contempló los requisitos para cada tipo de industria, información que fue obtenida de manuales y normativas nacionales e internacionales sobre el tema.

Con respecto a los porcentajes obtenidos referentes a las categorías de cada variable en el proceso de evaluación, se determinó un rango de aceptación o no por parte de los expertos en relación con el contenido y estructura de la guía de inspección diseñada. Para ello, se utilizó el estadístico Kendall, que calculó el nivel de concordancia entre estos profesionales en el tema al evaluar el instrumento. Cuando dicho nivel resultó bajo, se revisaron las recomendaciones que estos brindaron para contemplar permutas.

### **3.6 Consideraciones éticas**

Para efectos de la investigación, los integrantes del seminario manejaron la información de las industrias de una manera seria, respetuosa y confidencial. De igual manera, se garantiza que los datos obtenidos durante el desarrollo del estudio fueron empleados únicamente con fines académicos, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.

### **3.7 Consentimiento informado**

Dado que no se realizó ningún estudio con seres humanos, no se requirió de un consentimiento informado.

Se contó con la autorización del Ministerio de Salud para la revisión de los expedientes de las industrias. También se pretendió contar con la autorización por parte de las industrias para la aplicación de la prueba piloto de la guía ya concluida, aunque finalmente esta última autorización no fue necesaria, dado que no se pudo realizar dicha prueba piloto.

## **Capítulo 4. Análisis de resultados**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el seminario de graduación, en concordancia con cada una de las etapas que conformaron el mismo. Primero, en la caracterización de las industrias, se muestra la información recabada y analizada de los expedientes de las industrias que emplean fuentes radiactivas en el territorio costarricense. Posteriormente, se aborda la etapa relacionada a la elaboración del instrumento de inspección, donde se hace alusión a la normativa nacional e internacional sobre seguridad y protección radiológica que fue consultada y deliberada para su creación. Asimismo, se presenta la guía realizada con cada una de las partes que la componen. Por último, se explica los resultados obtenidos durante la evaluación por parte de los expertos del producto generado y los cambios que se decidieron realizar ante esta.

### **4.1 Caracterización de las industrias**

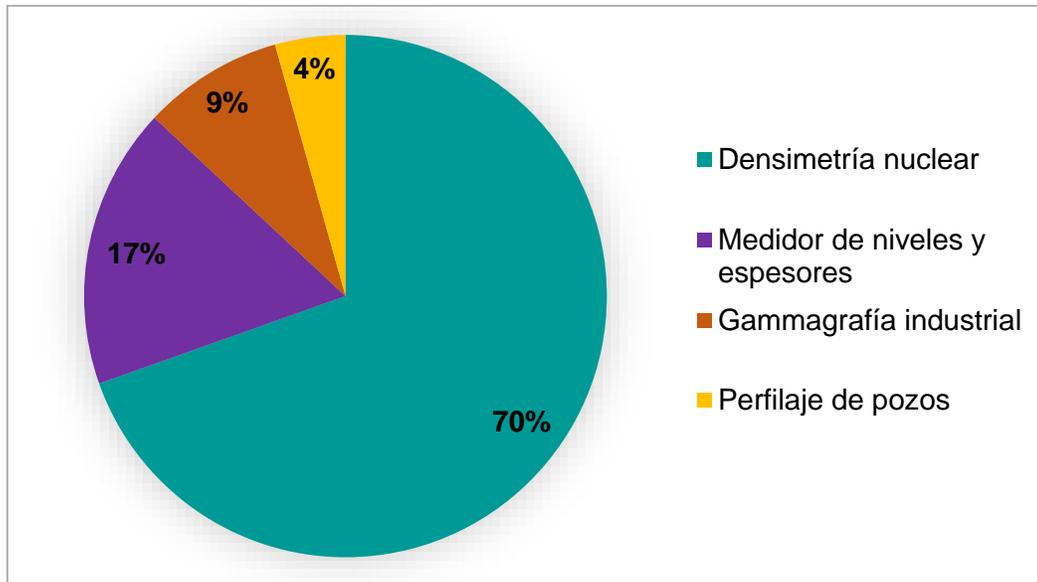
En esta sección, se presentan los resultados y el análisis respectivo de la información recolectada en el Ministerio de Salud sobre las industrias autorizadas que utilizan fuentes radiactivas. Inicialmente se contaba con el instrumento para la caracterización de las industrias, correspondiente al anexo 3, el cual se acopló una vez que se analizó un conjunto de expedientes, en compañía de un representante de la Unidad de Protección Radiológica del MS. A partir de la revisión de dichos expedientes, se determinó que los mismos no incluían de forma actualizada la cantidad de personal autorizado para manipular las fuentes que utilizan las industrias, por lo que este dato no fue recolectado. Así mismo, debido a un cambio dentro de la entidad regulatoria en cuanto a las funciones acerca de la regulación del transporte de fuentes radiactivas, se determinó no incluir los aspectos relacionados con el transporte en el presente seminario (este tema se explica más a fondo en el apartado de limitaciones de este capítulo).

En la información recabada de los expedientes, se encontró que el país alberga un total de 21 industrias que poseen equipos con fuentes radiactivas; no obstante, el número de fuentes existentes es de 279, lo cual indica que diversas industrias resguardan una gran cantidad de dichas fuentes.

En la figura 4, se presenta un gráfico de las prácticas industriales que se realizan en el país, siendo la densimetría nuclear la dominante, ya que 16 industrias se dedican a la medición de densidad y humedad; cuatro a la medición de niveles y espesores, dos a la gammagrafía industrial y una al perfilaje de pozos.

#### Figura 4

Gráfico del porcentaje de industrias según aplicación de fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020.



Nota. Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Es importante recalcar que existen 23 prácticas industriales en total, dos más que la cantidad de industrias existentes, ya que dos de las industrias se dedican a más de una práctica. No obstante, se debe aclarar que una de dichas industrias que realiza más de una práctica, específicamente densimetría nuclear y perfilaje de pozos, tiene todos los equipos en desuso (con licencia vigente, pero sin encontrarse en operación) y es la única que reporta la práctica de perfilaje de pozos.

Por lo tanto, al no existir en el país industrias que se encuentren operando actualmente en el área de perfilaje de pozos, los representantes de la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud, en conjunto con las integrantes del seminario, determinaron la no inclusión de esa práctica en la guía de inspección, pues se escapa de los objetivos del seminario. Por esta razón, el enfoque de la guía se encuentra dirigido a densimetría nuclear, gammagrafía industrial y medición de niveles y espesores.

Así mismo, se debe tener en cuenta que para cada una de estas tres aplicaciones se debe cumplir con una serie de aspectos mínimos de seguridad y protección radiológica, los cuales

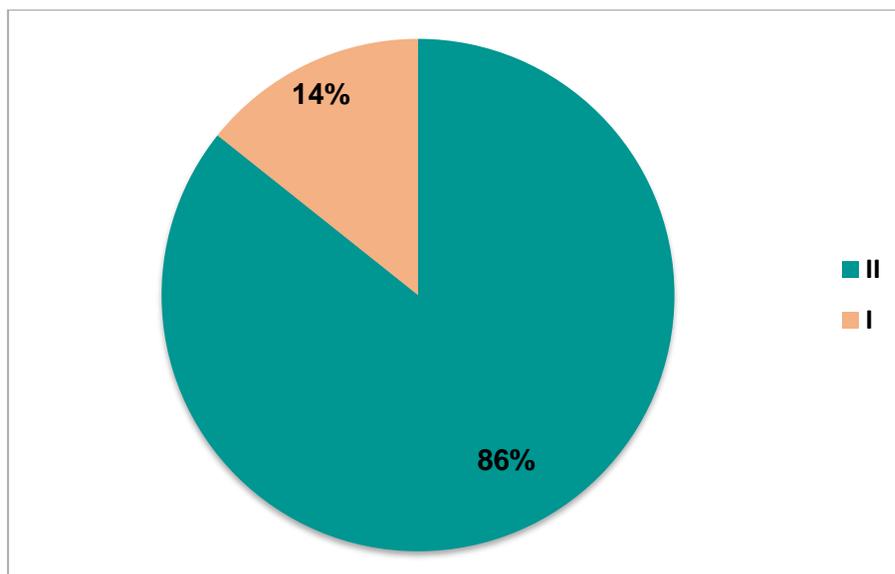
son independientes de la cantidad de industrias dedicadas a cada práctica en el país y únicamente están relacionadas con el nivel de peligrosidad involucrado.

Con respecto a la clasificación de industrias según el tipo de instalación, de acuerdo con el Decreto Ejecutivo 24037 (1995) que dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes vigente en Costa Rica, en el país existen cuatro tipos de instalaciones. Las tipo I son las de mayor riesgo y las de tipo IV las de menor riesgo, siendo las tipo II y III de un riesgo intermedio. En las instalaciones tipo I, se encuentra la gammagrafía industrial y el perfilaje de pozos; y en las instalaciones tipo II se encuentran los densímetros nucleares y los medidores de niveles y espesores.

De acuerdo con la figura 5, donde se muestra la clasificación de las industrias según el tipo de instalación, de las 21 industrias que emplean fuentes radiactivas en Costa Rica, tres son de tipo I, lo cual corresponde a un 14%; mientras que la mayoría (18 industrias) se clasifican como instalaciones tipo II. Además, no se halló industrias de tipo III ni tipo IV, que utilicen fuentes radiactivas en el país.

### Figura 5

*Gráfico del porcentaje de industrias según el tipo de instalación radiactiva, en Costa Rica, I semestre 2020.*



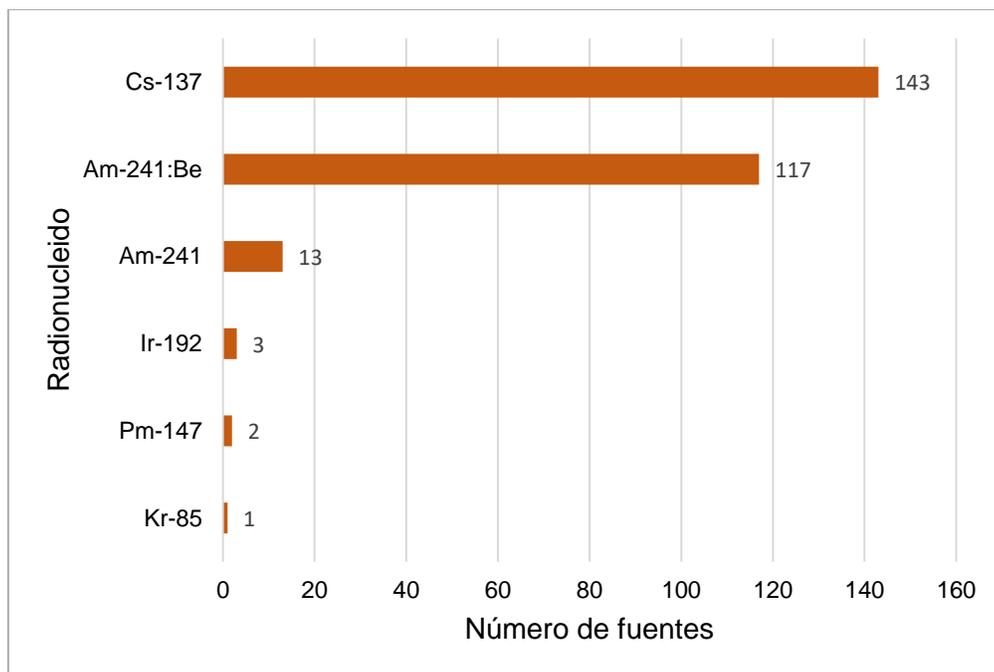
*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Por otra parte, uno de los aspectos fundamentales de los equipos que se utilizan en las prácticas industriales en estudio, está constituido por las fuentes radiactivas. En el país se utilizan seis tipos de fuentes radiactivas, tal y como se muestra en la figura 6. Cada fuente radiactiva tiene sus propias características físicas y químicas; y es dependiendo de estas que, según el CSN (2012a), pueden ser utilizadas para cada actividad industrial específica.

En la figura 6, se puede apreciar un predominio de fuentes de Cs-137 y de Am-241: Be, esto debido a que son las fuentes que generalmente se utilizan para la densimetría nuclear, que es la práctica más común. Los densímetros utilizan ambas fuentes porque el Cs-137 se usa para medir densidad y el Am-241: Be para medir humedad; sin embargo, también existen equipos que solo miden la densidad. Por otro lado, las fuentes que son usadas para la medición de niveles y espesores son: Am-241, Pm-147 y Kr-85. Finalmente, las de Ir-192 son propias de la gammagrafía industrial.

### Figura 6

*Gráfico de la cantidad de fuentes radiactivas según radionucleido, en Costa Rica, I semestre 2020.*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Aunque representan la mayoría, no todas las fuentes reportadas por las industrias examinadas se encuentran en uso, sino que existe un porcentaje en desuso, tal y como se aprecia en la tabla 6. No obstante, cuando una industria posee una combinación de fuentes en uso y en desuso, se debe de tener un control y una supervisión de ambas.

**Tabla 6**

*Distribución de las fuentes radiactivas según su estado, en Costa Rica, I semestre 2020.*

Estado de la fuente	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
En uso	229	82%
En desuso	50	18%
Total	279	100%

*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Luego, en la tabla 7, se puede apreciar la cantidad de fuentes radiactivas que albergan algunas industrias en el país; sin embargo, no existe una relación directa entre la cantidad de fuentes y la cantidad de equipos, ya que como se mencionó anteriormente, los densímetros pueden tener dos tipos de fuentes. Por ejemplo, en el caso de la industria 2 de la tabla 7, esta posee 36 fuentes, pero cuenta con 18 equipos de densimetría. También está el caso de la industria 7; esta posee 23 fuentes, de las cuales 20 están en uso, estas fuentes corresponden a equipos de densimetría que miden tanto la densidad como la humedad, por ende, son diez equipos los que están en uso. De las tres fuentes en desuso, cada una era utilizada en equipos de densimetría que solo medían la densidad; por ende, cada fuente tenía su propio equipo. En síntesis, la industria 7 posee 23 fuentes y 13 equipos, de los cuales tres están en desuso.

**Tabla 7**

*Industrias con mayor cantidad de fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020.*

Identificación de la industria	Total de fuentes	En uso	En desuso
Industria 1	43	-	43
Industria 2	36	36	-
Industria 3	30	30	-
Industria 4	24	24	-
Industria 5	24	24	-
Industria 6	24	24	-
Industria 7	23	20	3
Industria 8	20	20	-
Industria 9	13	9	4
Industria 10	10	10	-

*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Por otro lado, está el caso de las industrias que se dedican a la gammagrafía, a la medición de niveles y espesores y al perfilaje de pozos; todos estos equipos utilizan una sola fuente, por ende, en este caso sí coincide la cantidad de equipos con la cantidad de fuentes. En el país, los tres equipos de gammagrafía que existen se encuentran en uso. En el caso de medidores de niveles y espesores existen 17 equipos, pero solo 13 operan normalmente. En cuanto a los densímetros, en el país existen 84 equipos de los cuales 70 están en uso; además, es importante mencionar que todos los que únicamente se dedican a medir densidad, están en desuso. Finalmente, se encuentran los 22 equipos de perfilaje de pozos, todos en desuso.

Una de las características más importantes en temas de protección y seguridad radiológica a considerar de las fuentes radiactivas, según el CSN (2012a), es la actividad de estas. En la tabla 8 se puede apreciar la distribución de las actividades que poseían las fuentes cuando se adquirieron y se otorgaron los permisos por parte del MS de acuerdo con el radionúclido. El rango de actividades es sumamente amplio, va desde los 0,02 GBq a los 5550 GBq y se observa que las fuentes con mayor actividad son las de Ir-192, utilizadas para la gammagrafía industrial.

**Tabla 8**

*Cantidad de fuentes radiactivas según actividad y radionucleido, en Costa Rica, I semestre 2020*

Radionucleido	Actividad (GBq)															Total
	0,02	0,3	0,31	0,37	0,41	0,74	1,48	1,67	1,85	3,7	11,1	3330	3700	5550		
<b>Cs-137</b>		68	3	49	1	22										143
<b>Am-241/Be</b>							97		20							117
<b>Am-241</b>								7		2	4					13
<b>Ir-192</b>												1		2		3
<b>Pm-147</b>	2															2
<b>Kr-85</b>													1			1
<b>Total</b>																279

*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos referenciados en los expedientes del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020.

Las fuentes de Ir-192 tienen un valor A/D de 69 para la actividad de 5550 GBq y un A/D de 41,6 para la actividad de 3330 GBq. Ambas son categoría 2, una fuente muy peligrosa. Este tipo de fuentes se caracterizan por el potencial de provocar lesiones permanentes si la persona operadora se expone algunos minutos, y puede provocar la muerte si el tiempo de exposición es de horas a días. Esta es una de las principales razones por la cual, las instalaciones y emplazamientos donde se desarrolla la práctica de gammagrafía se deben clasificar como tipo I, y las medidas de seguridad y protección radiológica deben ser muy rigurosas. La adquisición de este tipo de fuentes con tan alta actividad está estrechamente relacionada con su periodo de semidesintegración, ya que es de solamente 74 días. Entonces, si se adquieren fuentes con actividades bajas, la vida útil sería muy corta, por tal motivo, es que se contrarresta con altas actividades el corto tiempo de semidesintegración del Ir-192.

En el caso de la fuente Kr-85, esta posee una actividad de 3700 GBq, una actividad considerablemente alta, no obstante, la relación A/D es de 0,123, ubicándose en la categoría 4, considerada como improbablemente peligrosa. Esta puede producir lesiones temporales si hay exposición, pero muy poco probable que produzca lesiones permanentes. Es importante recalcar que la clasificación de las fuentes no depende únicamente de su actividad, también depende del valor D, que es un valor asignado a cada radioisótopo evaluando los efectos

determinísticos que esta puede provocar en caso de algún accidente y control inadecuado de la fuente. Esa es la razón por la cual, dos fuentes con actividades altas no precisamente se clasifican dentro de una misma categoría, ni dentro de un mismo tipo de instalación.

Todas las fuentes de Am-241:Be y Am-241 se ubican en la categoría 4, que la identificamos como improbablemente peligrosa. Y, todas las fuentes de Cs-137 y Pm-147 son de categoría 5; es decir, identificada como sumamente improbable que sea peligrosa, estas se caracterizan de esta manera porque no tienen el potencial de producir lesiones permanentes. No obstante, hay que recordar la existencia de los efectos estocásticos que pueden producir las radiaciones ionizantes, ya que estos no dependen de un umbral de dosis específico.

Con base en la información descrita anteriormente, se evidenció que en Costa Rica existe una gran cantidad de fuentes radiactivas dedicadas a las actividades industriales. Se observó que el uso de la radiación ionizante en las industrias no es homogéneo, las actividades de las fuentes y la categorización de estas es muy variada y, por ende, algunas industrias van a requerir medidas más estrictas que otras, volviéndose necesario un instrumento de inspección específico para cada práctica industrial. Para continuar con el presente seminario, y la elaboración de la guía de inspección, se tomará en cuenta las prácticas vigentes, que son: densimetría nuclear, gammagrafía industrial y medición de niveles y espesores.

## **4.2 Elaboración de la guía de inspección**

Durante la búsqueda bibliográfica para la obtención de la información que se incluyó en la guía de inspección, se encontraron documentos nacionales e internacionales de gran relevancia tanto para la realización de una inspección en general, como para el establecimiento de pautas de seguridad y protección radiológica en las tres prácticas industriales en que se centra el presente seminario. A partir de los datos recabados, se elaboró la guía de inspección de seguridad y protección radiológica. Estos resultados son los que se manifiestan en esta sección.

### **4.2.1 Compilación y análisis de la información bibliográfica**

Al realizar la búsqueda bibliográfica sobre documentación referente a la protección radiológica en las prácticas industriales, se valoró la utilidad de cada documento tanto internamente (contenido del texto, calidad, veracidad y su cabida para la solvencia del problema de investigación) como externamente (contexto y autenticidad). Ante esto, se encontraron documentos que se debieron analizar por completo, mientras que, en el caso de otros, se analizaron solo algunas partes pertinentes.

En lo que respecta a la forma de la guía de inspección, se analizó la Norma Cero (Ministerio de Salud de Costa Rica [MS], 2011), logrando con ella establecer los lineamientos que se debían seguir al elaborar un procedimiento a nivel institucional. Es importante mencionar que, a lo largo del análisis de los documentos, se encontró diferentes vocablos que debieron ser definidos para una mayor comprensión del proceso, tanto para las investigadoras como para futuros inspectores que utilizarán eventualmente la guía. Para su definición, se utilizaron según la tabla 9 documentos como el Vocabulario Internacional de Medidas (Centro Español de Metrología [CEM], 2012), el Glosario de Seguridad Tecnológica (OIEA, 2007) y el texto Preparación, realización y evaluación de ejercicios de verificación de la preparación en caso de emergencia nuclear o radiológica (OIEA, 2010a); logrando con ellos agrupar dichos términos para la posterior elaboración de un glosario.

Al efectuar el contenido de una guía de inspección, es importante mencionar primeramente la manera en que debe llevarse a cabo dicho proceso, es por esto por lo que, el primer documento examinado fue el titulado Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva (OIEA, 2010b), el cual de acuerdo con la sistematización de la tabla 9 proporcionó orientaciones sobre los procedimientos a seguir en las inspecciones reglamentarias, pudiendo determinar así aspectos como los tipos y frecuencia de las inspecciones. Este documento cobra gran relevancia, ya que también sentó bases para establecer requerimientos generales con que deben contar todas las instalaciones como la asignación y responsabilidades de los trabajadores o autorizaciones correspondientes, así como también se contempla aspectos principalmente documentales que incluyen contenidos en los registros de pruebas de fuga, de dosimetría individual y de inventario de equipos.

En el ámbito internacional, el OIEA y CSN, poseen una colección de documentos de gran importancia para el presente seminario, ya que presentan los requerimientos mínimos que deben poseer las instalaciones y operaciones con fuentes radiactivas en general, independientemente de la práctica, es por ellos que según lo observado en la tabla 9 fueron las fuentes más consultadas. Dichos documentos fueron examinados exhaustivamente, un ejemplo mostrado en la tabla 9 es el Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes del (CSN, 2001), el cual fue muy determinante para la comprensión de la importancia de inspeccionar con gran perspicacia una adecuada vigilancia dosimétrica y sanitaria individual.

A nivel nacional, fue de gran importancia el análisis del Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995), ya que permite

acoplar a la realidad nacional no solamente los temas ya descritos, sino todos los que se analizan en este apartado en las tres prácticas industriales que abarca el seminario. De él se extraen en mayor medida todas las autorizaciones con que debe contar la industria que utilice fuentes radiactivas.

Otros de los documentos generales aplicables a las tres prácticas que fueron analizados según la tabla 9 fueron Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas (CSN, 1998a), alcanzando con este el conocimiento sobre la formación necesaria que deben poseer los trabajadores. La información acerca de límites, periodicidad y métodos de las pruebas de hermeticidad de las fuentes radiactivas se tomó de Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas (CSN, 2013).

Debido a la naturaleza de cada práctica industrial con uso de fuentes radiactivas, existen requerimientos especiales para cada una de ellas, es por esto por lo que, no basta con los documentos mencionados anteriormente. Para la práctica de gammagrafía industrial, existen guías de seguridad específicas, las cuales son según la tabla 9: Seguridad radiológica en la radiografía industrial (OIEA, 2013) y Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial (CSN, 2015).

La información que proporcionaron los documentos anteriores se encontraba relacionada principalmente con autorizaciones con que la instalación y el personal deben contar, así como con los procesos de vigilancia dosimétrica y sanitaria, donde se incluyen registros, límites de dosis efectiva y equivalente, planes en caso de superar los límites y pruebas de salud al personal expuesto. También se derivó información acerca del inventario y características requeridas de las fuentes y de equipos como dosímetros, monitores de radiación, dispositivos de blindaje o colimación, o incluso de accesorios de los propios gammágrafos como cables o comandos. La información referente al control de calidad (verificaciones, calibraciones, mantenimiento, certificaciones), de almacenamiento (infraestructura exterior/interior, señalizaciones), plan en caso de emergencia (simulaciones y simulacros), vigilancia radiológica durante la operación del equipo y previsiones en caso de clausura también fue obtenida de estos documentos.

Siguiendo en el orden de documentos internacionales, según la tabla 9 la Norma ISO 3999 (Organización Internacional de Normalización, 2004) y el documento Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos (OIEA, 2009) aportaron al área de gammagrafía industrial al poder comprender de mejor manera las particularidades que debe tener el equipo (incluyendo

especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas), así como algunas condiciones de almacenamiento que no fueron encontradas en documentos anteriores como: notificaciones que deben realizarse al MS o el control de ingreso de personal al lugar. A nivel nacional, la Guía para el manual de procedimientos de radiografía industrial (Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, s.f.a) fue determinante para adecuar la información recabada a la realidad del país y sentar las bases de la regulación del manual de procedimientos.

Para la práctica de gammagrafía industrial se analizó, de igual manera, la Norma de operación de equipos de gammagrafía industrial (Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina [ARN], 2010), sin embargo; no se tomó en consideración puesto que mucho de lo definido en la norma ya se contemplaban en documentos del OIEA examinados, o porque en todo caso, algunos parámetros no se podían ajustar a la realidad nacional según la reglamentación existente.

Tanto en la práctica de gammagrafía industrial como en las otras dos prácticas, según lo observado en la tabla 9, se encontró mucha información acerca de las condiciones en que se deben almacenar los equipos tanto en la instalación como en el lugar de operación. Esto se puede deber a la capacidad de los equipos de operarse de manera portátil, lo que significa un gran riesgo que ha sido ampliamente estudiado y que debe incluirse de manera extensa en las guías de inspección.

De acuerdo con la tabla 9 se estudiaron contenidos de gran relevancia en distintas zonas geográficas internacionales para la protección y seguridad radiológica en densimetría nuclear, como el Código de Prácticas y Guía de Seguridad para medidores portátiles de densidad/humedad que contienen fuentes radiactivas (Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, 2004). A nivel centroamericano, se analizó el Manual de Procedimientos de la Dirección de Protección Radiológica (Ministerio de Salud del Gobierno de El Salvador, 2020), y el Manual de Procedimientos en Operaciones Normales y de Emergencias Radiológicas para un Densímetro Nuclear (Universidad Técnica Particular de Loja, 2016).

Algunos de los tópicos encontrados en los anteriores documentos tienen relación con verificaciones que se deben realizar antes de utilizarse el equipo, con la totalidad de implementos con que debe contar un densímetro o medidor de radiación (incluido sus etiquetas) y de qué manera deben ser almacenados, con la adecuada gestión de fuentes en desuso, con los procedimientos de simulacros o simulaciones de emergencia, medidas de

prevención, atención y mitigación de accidentes y los informes que deben resultar después de ocurrida una emergencia. También con requerimientos de control de calidad, que incluye los registros, las personas responsables y los métodos aprobados.

A nivel nacional, para la práctica de densimetría nuclear, se analizó de acuerdo con la tabla 9 la Guía para el Manual de Procedimientos con Densímetros Nucleares (Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, s.f.b) y el Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares (Consejo Nacional de Vialidad [CONAVI], 2011). Estos documentos aportaron información acerca de las características que debe tener todo el equipo utilizado y el ambiente en que se almacena, del mantenimiento y sus registros (como limpiezas y verificaciones), así como los apartados y contenido que debe tener el manual de procedimientos, todo adaptado ya a la realidad del país.

De acuerdo con lo observado en la tabla 9, en lo que respecta a la densimetría nuclear no se hallaron guías o normativas específicas del OIEA o CSN; sin embargo, se comparte dos documentos del OIEA con la práctica de medidores de nivel y espesor, estos son: Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica (CSN, 1998b) y la Guía para autorización e inspección: Medidores Nucleares (OIEA, 2011).

De los anteriores documentos se pudo comprender de mejor manera cómo se lleva a cabo una adecuada gestión de fuentes en desuso (almacenamiento y procedimiento llevado a cabo), cómo deben ser los materiales de la infraestructura de almacenamiento, de qué manera se puede vigilar la operación (cantidad de personal permitido, verificaciones antes de iniciar labores), qué formación debe tener el personal, cómo debe llevarse una clausura independientemente de la razón, así como los principales registros con que debe contar la instalación (de fuentes, de equipo y de formación).

Para la última práctica industrial estudiada, la medición de nivel y espesores, resultó muy importante la revisión y análisis de los dos documentos anteriormente mencionados, así como de la Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares (CSN, 2012), el Manual sobre Medidores Nucleares (CSN, 1996) y el documento Guía para autorización e inspección de medidores nucleares (Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala, 2011). De los documentos anteriores, también se pudo extraer la información encontrada para gammagrafía y densimetría, pero específica a medidores de nivel y espesores.

**Tabla 9**

*Sistematización de la información consultada y deliberada para la elaboración de la guía de inspección*

<b>Título del documento analizado</b>	<b>Autor del documento</b>	<b>Práctica a la que aplica</b>	<b>Elementos que regula</b>
Código de prácticas y guía de seguridad: Medidores portátiles de densidad/humedad que contienen fuentes radiactivas	Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear	Medidores de densidad y humedad	- Vigilancia durante la operación - Mantenimiento y control de calidad
Vocabulario Internacional de Medidas	Centro Español de Metrología		- Definición de términos
Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes		Todas las prácticas	- Vigilancia dosimétrica - Vigilancia sanitaria
Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas	Consejo de Seguridad Nuclear		- Pruebas de hermeticidad
Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica		Medidores de densidad y humedad  Medidores de nivel y espesor	- Registros de fuentes - Registros de equipos - Registros de formación

Título del documento analizado	Autor del documento	Práctica a la que aplica	Elementos que regula
Homologación de cursos de formación de supervisores y de operadores de instalaciones radiactivas		Todas las prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación del personal</li> </ul>
Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares	Consejo de Seguridad Nuclear	Medidores de nivel y espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigilancia dosimétrica</li> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Gestión de fuentes en desuso</li> <li>- Vigilancia durante la operación</li> <li>- Zonas controladas y supervisadas</li> <li>- Características de los equipos</li> <li>- Planes en caso de emergencia</li> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> <li>- Inventario de equipos</li> <li>- Inventario de fuentes</li> </ul>
Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial		Gammagrafía Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Vigilancia durante la operación</li> <li>- Características de los equipos</li> <li>- Clausura</li> <li>- Condiciones de emergencias</li> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> <li>- Inventario de equipo</li> <li>- Formación del personal</li> </ul>

<b>Título del documento analizado</b>	<b>Autor del documento</b>	<b>Práctica a la que aplica</b>	<b>Elementos que regula</b>
Manual práctico de seguridad radiológica: Manual sobre medidores nucleares		Medidores de nivel y espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autorizaciones</li> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Vigilancia durante la operación</li> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> <li>- Plan en caso de emergencias</li> </ul>
Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares	Consejo Nacional de Vialidad	Medidores de densidad y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Delimitación de zonas</li> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Condiciones de operación</li> <li>- Condiciones de mantenimiento</li> </ul>
Guía para autorización e inspección de medidores nucleares.	Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala	Medidores de nivel y espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de calidad</li> <li>- Certificaciones</li> </ul>
Manual de Procedimientos de la Dirección de Protección Radiológica.	Ministerio de Salud del Gobierno de El Salvador	Medidores de densidad y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> </ul>
Protección radiológica-Equipos para gammagrafía industrial- Especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas	Normas Internacionales ISO	Gammagrafía Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características de los equipos</li> </ul>
Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes	Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica	Todas las prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual de procedimientos</li> <li>- Autorizaciones</li> </ul>
Glosario de Seguridad Tecnológica			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de términos</li> </ul>

Título del documento analizado	Autor del documento	Práctica a la que aplica	Elementos que regula
Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos		Gammagrafía Industrial	- Condiciones de almacenamiento
Seguridad Radiológica en la Radiografía Industrial	Organismo Internacional de Energía Atómica	Gammagrafía Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación del personal</li> <li>- Inventario de equipos</li> <li>- Inventario de fuentes</li> <li>- Características de los equipos</li> <li>- Vigilancia dosimétrica</li> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> <li>- Autorizaciones</li> <li>- Manual de procedimientos</li> <li>- Vigilancia sanitaria</li> <li>- Vigilancia durante la operación</li> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Plan en caso de emergencias</li> <li>- Clausura</li> </ul>
Preparación, realización y evaluación de ejercicios de verificación de la preparación en caso de emergencia nuclear o radiológica			- Definición de términos
		Todas las prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfil del inspector</li> <li>- Tipos de inspección</li> </ul>

Título del documento analizado	Autor del documento	Práctica a la que aplica	Elementos que regula
Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva	Organismo Internacional de Energía Atómica		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia de las inspecciones</li> <li>- Actividades previas a la inspección</li> <li>- Inventario de equipos</li> <li>- Autorizaciones</li> <li>- Formación del personal</li> <li>- Pruebas de hermeticidad</li> <li>- Vigilancia dosimétrica</li> <li>- Gestión de fuentes en desuso</li> </ul>
Protección Radiológica en América Latina y el Caribe.		Medidores de densidad y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de los trabajadores</li> </ul>
Planes de evaluación de seguridad para la autorización e inspección de fuentes de radiación		Todas las prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clausura</li> <li>- Plan ante emergencias</li> <li>- Vigilancia dosimétrica</li> </ul>
Guía para autorización e inspección: Medidores Nucleares		<p>Medidores de densidad y humedad</p> <p>Medidores de nivel y espesor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de fuentes en desuso</li> <li>- Condiciones de operación de equipos</li> <li>- Condiciones de almacenamiento</li> <li>- Control de calidad</li> <li>- Zonas controladas y supervisadas</li> <li>- Características de los equipos</li> <li>- Clausura</li> </ul>

<b>Título del documento analizado</b>	<b>Autor del documento</b>	<b>Práctica a la que aplica</b>	<b>Elementos que regula</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de fuentes en desuso</li> <li>- Mantenimiento</li> <li>- Formación del personal</li> </ul>
Guía para el manual de procedimientos de radiografía industrial (Equipos de radiaciones ionizantes y fuentes radiactivas)	Ministerio de Salud de Costa Rica	Gammagrafía Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> <li>- Manual de procedimientos</li> </ul>
Guía para el manual de procedimientos con densímetros nucleares	Ministerio de Salud de Costa Rica	Medidores de densidad y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual de procedimientos</li> <li>- Mantenimiento y control de calidad</li> </ul>
Manual de Procedimientos en Operaciones Normales y de Emergencias Radiológicas para un Densímetro Nuclear	Universidad Técnica Particular de Loja	Medidores de densidad y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementos de protección radiológica</li> </ul>
Norma 0	Ministerio de Salud de Costa Rica	Todas las prácticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formato sugerido</li> <li>- Apartados sugeridos</li> </ul>

*Nota.* Elaboración propia, 2020

#### **4.2.2 Diseño de la propuesta de guía de inspección**

Tomando en cuenta la anterior caracterización de las industrias realizada y la revisión exhaustiva de la normativa y documentos recomendados nacionales e internacionales sobre seguridad y protección radiológica, se ideó una manera de estructurar toda la información y así formar la propuesta de guía de inspección adaptada a las condiciones del país.

La propuesta de guía creada está conformada primeramente por un apartado general que se relaciona con las tres prácticas, el cual incluye una introducción del sentido de la guía junto con su objetivo, producto, alcance y ámbito de aplicación. Seguido de esto, se presentan consideraciones generales propias de la inspección que de igual manera se relaciona con las tres prácticas, como el perfil del inspector, el tipo y frecuencia de las inspecciones. El último apartado general corresponde a las definiciones y un glosario de siglas, a partir de allí la guía se subdivide en formularios con requerimientos específicos para cada una de las prácticas.

La propuesta de guía está compuesta por tres formularios, uno para cada una de las aplicaciones de las fuentes radiactivas en el área industrial costarricense: densimetría nuclear, gammagrafía industrial y medición de niveles y espesores.

Cada uno de los formularios está constituido en primera instancia por las siguientes secciones: información relativa a la inspección, datos generales de la instalación, autorizaciones, características de los emisores de radiaciones ionizantes (inventario), lista del personal de la instalación vinculado con las fuentes de radiación ionizante, detectores de radiación ionizante, inspección documental, inspección procedimental y conclusiones de la inspección. A su vez, las secciones de inspección documental y procedimental están constituidas por los siguientes apartados:

- Información general de la instalación.
- Formación e instrucción de los trabajadores.
- Condiciones específicas del equipo.
- Operación del equipo.
- Vigilancia radiológica.
- Condiciones de almacenamiento.
- Planes de respuesta ante emergencias.
- Gestión de fuentes en desuso
- Previsiones en caso de clausura.

Una vez que se contó con la propuesta preliminar de la guía de inspección en seguridad y protección radiológica completa, se procedió a realizar la etapa de evaluación de esta, de modo que se pudieran implementar mejoras para contar con un documento consumado y adecuado a la realidad nacional. A continuación, se describen los detalles de dicha etapa.

#### **4.3 Evaluación de la propuesta de guía de inspección**

De acuerdo con la metodología propuesta, se pretendía que cinco expertos conocedores del tema se encargaran de evaluar la guía elaborada y adicionalmente, se aplicaría una prueba piloto en algunas de las industrias que utilizan fuentes radiactivas; sin embargo, esto último se vio interferido debido a la emergencia sanitaria por COVID-19 que afectó al país en el periodo de desarrollo del seminario.

Como método de solvencia ante la eventualidad explicada, se duplicó la cantidad de expertos que evaluaron documentalmente la guía de inspección, para contrarrestar la no realización de la prueba piloto. Se procedió a contactar a un grupo de diez individuos con experiencia en el área de la protección radiológica: tres de ellos estaban vinculados con la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud (UPR-MS), uno con el Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares de la Universidad de Costa Rica (CICANUM-UCR), uno con el Área de Control de Calidad y Protección Radiológica de la Caja Costarricense de Seguro Social (ACCPR-CCSS), uno con la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina (ARN), uno con la empresa Proxtronics CR, así como tres expertos encargados de la protección radiológica de las siguientes industrias: Castro y de la Torre S.A., Ingeniería Gamboa S. A. y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Finalmente, se contó con la evaluación de nueve de estos expertos, ya que, a la fecha de cierre de la sistematización de los resultados, no se recibió retroalimentación por parte de uno de ellos.

Todas las personas que colaboraron en la evaluación contaban con capacitación en el área de seguridad y protección radiológica. Además, a lo largo de su carrera habían desempeñado labores vinculadas con este tema: dos de ellos contaban con una experiencia menor a dos años, tres de ellos poseían cinco años y los otros cuatro expertos tenían más de diez años de experiencia en seguridad y protección radiológica. Así mismo, dos de ellos eran bachilleres, cuatro licenciados y tres contaban con un título de posgrado.

A los expertos se les convocó vía correo electrónico a una reunión virtual, donde las integrantes del seminario, en conjunto con la directora del mismo, la M.Sc. Carolina Masís Calvo, expusieron de forma más detallada el objetivo de desarrollar la propuesta de guía de

inspección sobre seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, así como el modo en que se efectuaría el proceso de evaluación. Una vez realizada la reunión y aclaradas todas las posibles dudas, se envió por correo electrónico el documento correspondiente a la guía de inspección, un formulario para el envío de observaciones y un enlace para acceder al cuestionario de evaluación en línea, correspondiente al anexo 4.

Algunos expertos involucrados en el proceso de evaluación contaban con experiencia en una o dos de las aplicaciones de las fuentes radiactivas y otros dominaban las tres; por lo tanto, se procedió a enviar la primera parte de la guía (correspondiente a los aspectos generales del documento, relacionados con las tres aplicaciones) y uno o varios de los formularios de inspección, dependiendo de si su experiencia era en densimetría nuclear, gammagrafía industrial o medición de niveles y espesores.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por medio del formulario de observaciones y posteriormente, se presentarán los resultados de la evaluación realizada a través del cuestionario en línea.

#### **4.3.1 Observaciones recibidas por parte de los expertos**

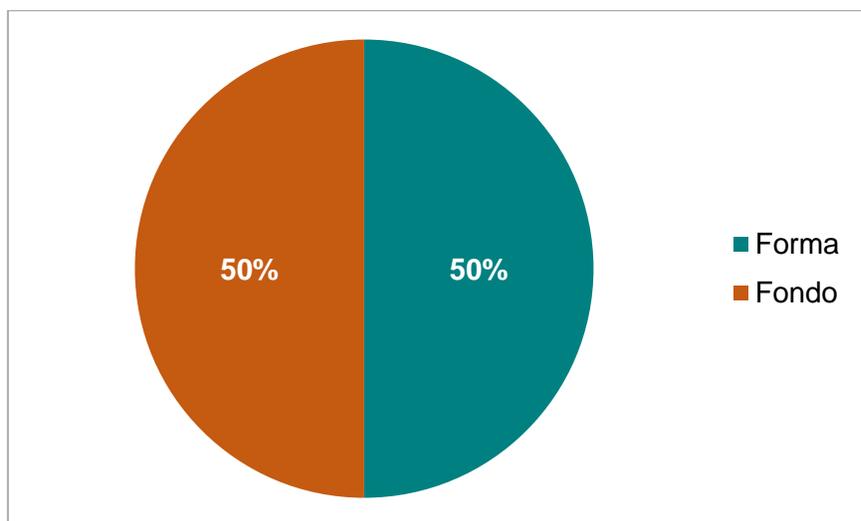
Se recibió un total de 122 observaciones y para analizarlas, estas se clasificaron en dos categorías. La primera categoría atañe al tipo de observación realizada, sea esta de forma o de fondo; en la primera se toman en cuenta aspectos como redacción o formato y en la de fondo, aspectos propios del contenido involucrado a cada ítem o apartado del formulario. La otra categoría analizada corresponde al tipo de solución que se le dio a la observación; esta solución podría ser una eliminación del ítem de evaluación, adición de un nuevo enunciado en el formulario, un cambio en la redacción (desde sustituir una palabra por otra o brindar una aclaración, hasta redactar nuevamente el requerimiento solicitado manteniendo el mismo fondo), una reestructuración de la pregunta (colocándose en otro sitio del formulario donde se acoplara adecuadamente) o en algunos casos no se efectuó modificaciones por razones que se explican más adelante.

En el anexo 5, se adjunta una tabla con todas las observaciones de los expertos clasificadas en dichas categorías. De acuerdo con la figura 7 podemos decir que, los expertos en calidad de evaluadores, se interesaban no solamente por aspectos de fondo de los enunciados, que se relaciona más con su trabajo, sino también porque todo el documento incluyendo su

redacción o formato quedara en las mejores condiciones, lo que permitió sustentar de manera integral el trabajo realizado.

### Figura 7

*Gráfico del porcentaje de observaciones realizadas por los expertos según su clasificación en forma o fondo, Costa Rica, Setiembre 2020.*

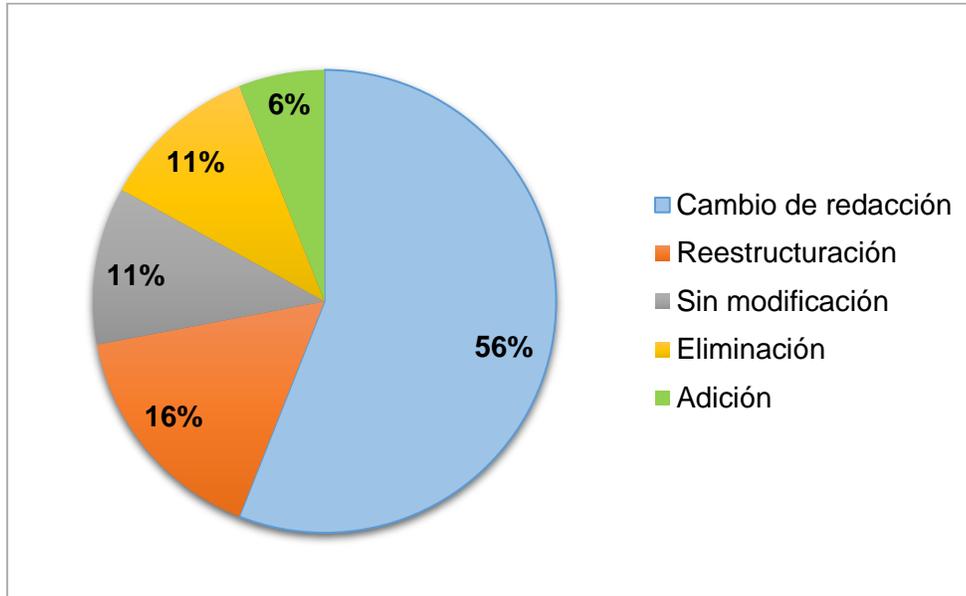


*Nota.* Elaboración propia, 2020.

Además, en la figura 8 se evidencia que un 89% de las observaciones realizadas por los expertos fueron consideradas para incidir en una modificación de la propuesta de guía de inspección elaborada. De dicho porcentaje, la mayoría fueron solucionadas mediante un cambio de redacción de los enunciados señalados, lo que permite identificar la relevancia de la información recabada al elaborar la guía, pues no sugerían algún tipo de eliminación, sino acoplarla de una mejor manera a la realidad nacional.

**Figura 8**

*Gráfico del porcentaje de observaciones realizadas por los expertos según el tipo de solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020.*



*Nota.* Elaboración propia, 2020.

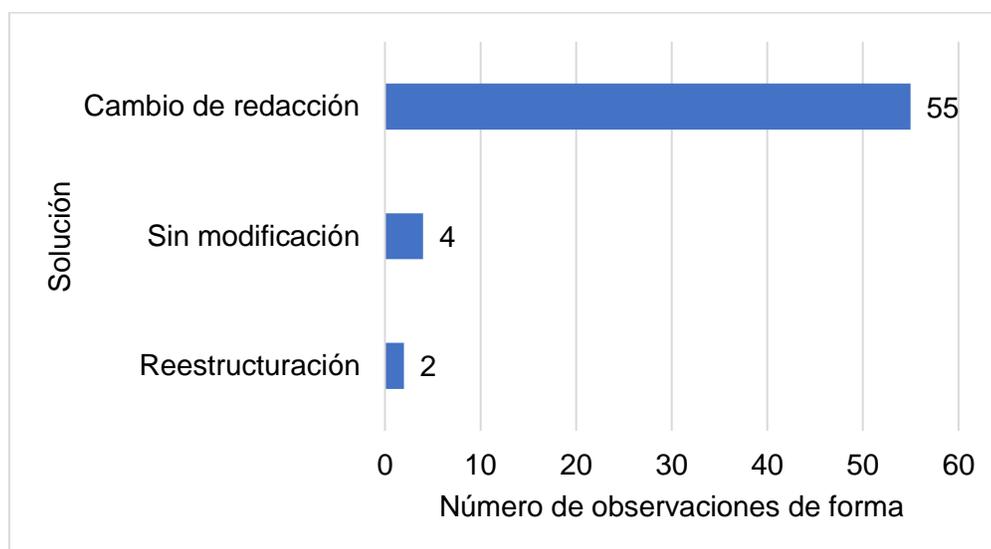
Así mismo, en las figuras 9 y 10, se evidencia que la mayor cantidad de observaciones que condujeron a cambios de redacción tenían carácter de forma, las cuales estaban relacionadas principalmente a errores en la utilización de palabras. Además, es importante mencionar que, dada la naturaleza de las observaciones de forma, estas no implicaron la adición o eliminación de enunciados.

De acuerdo con las figuras 9 y 10, se observa que hubo un mayor número de observaciones que no requirieron modificaciones en la clasificación de fondo, comparado con la clasificación de forma. Algunos casos de dichas observaciones de fondo cuya solución no conllevó modificaciones, corresponden al punto N°50 o al N°60 del anexo 5, en los cuales se menciona que no se cuenta con normativa relacionada que respalde el requerimiento normativo; sin embargo, los expertos del MS lo toman en consideración en la actualidad. Esto se explica debido a la existencia del artículo 114 del Reglamento sobre Protección contra las Radiaciones Ionizantes, que especifica la potestad que tiene el MS como autoridad reguladora de exigir condiciones de seguridad al equipo, fuente, instalación o actividad adicionales a las establecidas en el reglamento, en caso de ser necesario. Por lo tanto, dichos requerimientos

se mantienen sin modificación, el único cambio fue que se añadió una segunda referencia correspondiente al artículo mencionado.

### Figura 9

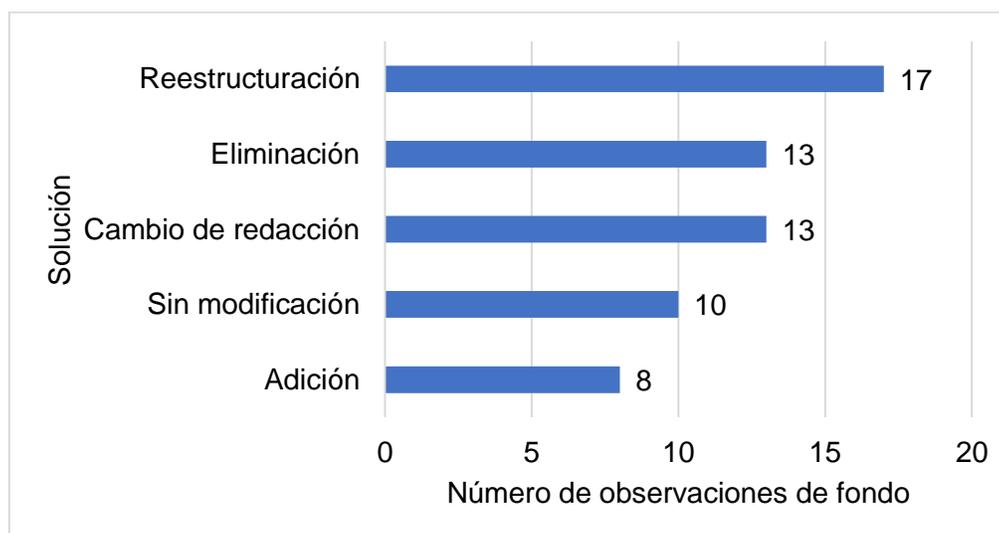
Gráfico del número de observaciones de forma realizadas por los expertos según el tipo de solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020.



Nota. Elaboración propia, 2020.

### Figura 10

Gráfico del número de observaciones de fondo realizadas por los expertos según la solución dada, Costa Rica, Setiembre 2020.



Nota. Elaboración propia, 2020.

Otras observaciones de fondo, como el punto N°68 o N°84 del anexo 5 ya estaban contempladas dentro de los formularios, por lo que no se les realizó ninguna modificación. Este tipo de comentarios podrían deberse a un mal entendimiento del orden o seguimiento de las preguntas o inclusive de algún detalle que les haya faltado por leer. Este tipo de observaciones también se encuentran con carácter de forma como los puntos N°57 o N°67.

Otra de las causas de la no modificación se puede visualizar en los puntos N°38, N°61 y N°94 del anexo 5, los cuales fueron realizados por expertos de las industrias. En ellos solicitaban aspectos que iban en contra de la reglamentación del MS, estas al tener carácter de fondo, junto con las mencionadas anteriormente, explican el por qué se muestra una mayor cantidad de este tipo.

Finalmente, un ejemplo de las observaciones de forma que no sufrieron modificación es el punto N°55 del anexo 5, en la que se sugería no colocar los límites de referencias de dosis en algunos de los requerimientos. Se decidió no modificarla, puesto que se considera para efectos del presente seminario, que a una persona experta en el tema no le causará ningún inconveniente, mientras que, para una persona sin experticia, sí le sería necesario conocer acerca de los límites.

Algunas observaciones con carácter de fondo especificaban que la normativa nacional vigente no contempla algunos aspectos que se incluyeron en la guía, pero se tomaban en consideración para futuro, ejemplo de ello los puntos N°62, N°72 y N°81 del anexo 5. Ante esto, y debido a la importancia del contenido de dichos requerimientos para las investigadoras y para los expertos, se decidió realizar una reestructuración al colocarlos en un apartado final de carácter recomendado en cada formulario, para diferenciarlos de los vinculantes y así cuando estos cuenten a futuro con asidero normativo en nuestra realidad nacional, puedan ser incluidos fácilmente.

De los comentarios realizados por los expertos, un 11% se solucionó a partir de la eliminación del enunciado. Todas las sugerencias de eliminación de apartados por parte de los expertos tenían carácter de fondo (según la figura 9 y la figura 10), por lo tanto, todas fueron consideradas para modificarse. Es importante mencionar el 11% de las eliminaciones presentadas en la figura 8, correspondía a un total de 13 observaciones, de las cuales cuatro se realizaron porque resultó innecesario el enunciado, como por ejemplo el N°78 y el N°80, ya que al haber otras cuestiones que de antemano engloban las situaciones presentadas, se prefiere eliminarlas y así facilitar el proceso de inspección. Las eliminaciones restantes se dan

precisamente por un error del contenido del enunciado y no se halló manera de presentarse de alguna forma en la guía.

Con el menor porcentaje de soluciones dadas a las observaciones por parte de los expertos, se encuentra la adición de nuevos enunciados. Esto a pesar de ser un pequeño porcentaje en comparación con las demás soluciones, enriquece el contenido de la guía de inspección, a la vez que demuestra que la etapa de revisión documental fue exhaustiva y que la elaboración de la propuesta de guía se realizó de manera bastante completa, sin dejar de lado información importante.

Después de analizar y comparar todos los aportes descritos previamente, se efectuaron las modificaciones correspondientes en la propuesta de guía de inspección para crear un documento lo más integral posible, que contemplara la normativa nacional e internacional sobre seguridad y protección radiológica aplicable a las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas (examinada en la segunda etapa del seminario), y se integraron las observaciones efectuadas por los encargados de protección radiológica de algunas de las industrias y los demás expertos (representantes del Ministerio de Salud y otras entidades mencionadas previamente).

#### **4.3.2 Evaluación de los expertos a través del cuestionario en línea**

A partir del análisis de las respuestas brindadas a través del cuestionario en línea, se determinó el grado de conformidad de los expertos con respecto a la guía de inspección. En el caso de la densimetría nuclear, este formulario fue evaluado, junto con el apartado general de la guía, por un total de ocho expertos y los resultados obtenidos se brindan a continuación.

Con base en los datos mostrados en la tabla 10, para todas las preguntas se obtuvieron valores de media ubicados entre 4 y 5, valores que correspondían a las categorías “De acuerdo” y “Muy de acuerdo”, respectivamente, así como “Útil” y “Muy útil” en el caso de la última pregunta. Los aspectos que obtuvieron una mayor calificación fueron los relacionados con la presencia de un contenido exhaustivo, el formato utilizado, así como la valoración general de la guía. Además, se pudo observar que las menores puntuaciones se obtuvieron en las preguntas número cinco y siete, donde se evaluó qué tan adecuada era la guía con respecto a la realidad nacional y si esta permitía resolver la pregunta de investigación que originó el presente seminario.

**Tabla 10**

*Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de densimetría nuclear según cada una de las preguntas del cuestionario de evaluación.*

<b>Pregunta</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1.El contenido de la guía contempla todos los elementos necesarios para una inspección exhaustiva de la seguridad y protección radiológica de una industria	4,9	0,4	4,0	5,0
2. La redacción de la guía es comprensible	4,4	0,5	4,0	5,0
3.El formato utilizado (tamaño y tipo de letra, interlineado, fuente) es adecuado	4,8	0,5	4,0	5,0
4.La estructuración de la guía sigue un orden lógico que facilita el proceso de inspección	4,5	0,5	4,0	5,0
5.La guía es adecuada a la realidad nacional	4,1	0,6	3,0	5,0
6.Los parámetros utilizados en la guía están actualizados	4,3	0,5	4,0	5,0
7. La guía de inspección permite resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué elementos de seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en una guía de inspección para el control y seguimiento de las prácticas industriales que hacen uso de fuentes radiactivas en Costa Rica durante el segundo semestre del 2020?	4,0	0,9	3,0	5,0
8.De manera general se puede decir que la guía de inspección se considera:	4,8	0,5	4,0	5,0

*Nota.* Elaboración propia, 2020.

Por otra parte, en el área de la gammagrafía industrial, la evaluación fue realizada por siete expertos y se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 11**

*Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de gammagrafía industrial según cada una de las preguntas del cuestionario de evaluación.*

<b>Pregunta</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1. El contenido de la guía contempla todos los elementos necesarios para una inspección exhaustiva de la seguridad y protección radiológica de una industria	4,9	0,4	4,0	5,0
2. La redacción de la guía es comprensible	4,4	0,5	4,0	5,0
3. El formato utilizado (tamaño y tipo de letra, interlineado, fuente) es adecuado	4,9	0,4	4,0	5,0
4. La estructuración de la guía sigue un orden lógico que facilita el proceso de inspección	4,4	0,5	4,0	5,0
5. La guía es adecuada a la realidad nacional	4,0	0,6	3,0	5,0
6. Los parámetros utilizados en la guía están actualizados	4,1	0,4	4,0	5,0
7. La guía de inspección permite resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué elementos de seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en una guía de inspección para el control y seguimiento de las prácticas industriales que hacen uso de fuentes radiactivas en	4,0	1,0	3,0	5,0

Pregunta	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Costa Rica durante el segundo semestre del 2020?				
8. De manera general se puede decir que la guía de inspección se considera	4,9	0,4	4,0	5,0

*Nota.* Elaboración propia, 2020.

En este caso, igual que en el de la evaluación de la propuesta del formulario para la densimetría nuclear, para todas las preguntas se obtuvieron valores de media ubicados entre 4 y 5; y los aspectos que presentaron una mayor calificación fueron nuevamente los relacionados con la presencia de un contenido exhaustivo, el formato utilizado, así como la valoración general de la guía. Por otro lado, las menores calificaciones se generaron en las preguntas vinculadas con la adecuación de la guía con respecto a la realidad nacional, la actualización de los parámetros actualizados y la resolución de la pregunta de investigación.

Finalmente, en cuanto a la propuesta de formulario para la práctica de medición de niveles y espesores, la evaluación fue efectuada por cinco expertos, generándose los resultados de la tabla 12.

Del mismo modo que para la densimetría nuclear y la gammagrafía industrial, todos los valores de la media se encontraron entre 4 y 5. Las preguntas que evaluaban el contenido exhaustivo de la guía y el documento a modo general obtuvieron una calificación de 5 por parte de todos los expertos y las preguntas sobre la adecuación de la guía con respecto a la realidad nacional, la actualización de los parámetros empleados y la resolución de la pregunta de investigación, tuvieron las calificaciones más bajas.

### **Tabla 12**

*Estadísticos descriptivos de las respuestas brindadas por los expertos en el área de medición de niveles y espesores según cada una de las preguntas del cuestionario de evaluación.*

Pregunta	Desviación			
	Media	estándar	Mínimo	Máximo
1.El contenido de la guía contempla todos los elementos necesarios para una inspección exhaustiva de la seguridad y protección radiológica de una industria	5,0	0,0	5,0	5,0
2. La redacción de la guía es comprensible	4,4	0,5	4,0	5,0
3.El formato utilizado (tamaño y tipo de letra, interlineado, fuente) es adecuado	4,8	0,4	4,0	5,0
4.La estructuración de la guía sigue un orden lógico que facilita el proceso de inspección	4,4	0,5	4,0	5,0
5.La guía es adecuada a la realidad nacional	4,2	0,4	4,0	5,0
6.Los parámetros utilizados en la guía están actualizados	4,2	0,4	4,0	5,0
7. La guía de inspección permite resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué elementos de seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en una guía de inspección para el control y seguimiento de las prácticas industriales que hacen uso de fuentes radiactivas en Costa Rica durante el segundo semestre del 2020?	3,8	1,1	3,0	5,0
8.De manera general se puede decir que la guía de inspección se considera	5,0	0,0	5,0	5,0

*Nota.* Elaboración propia, 2020.

Al complementar los estadísticos descriptivos obtenidos en las tres áreas, con las observaciones efectuadas por los expertos, se determinó que las menores valoraciones obtenidas resultaron en los aspectos relacionados con los ítems que analizaban los siguientes elementos: adecuación de la propuesta de guía a la realidad nacional, la utilización de parámetros actualizados en la misma y la resolución de la pregunta de investigación. Esta baja puntuación podría estar relacionada con los enunciados que las investigadoras incluyeron inicialmente en los formularios y que no formaban parte de la legislación al momento de realizar la evaluación. La legislación vigente en Costa Rica corresponde al “Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes”, publicado en 1995; el cual contempla aspectos generales para todas las prácticas que utilizan radiaciones ionizantes y la información del uso de estas específicamente a nivel industrial es muy poca. Esto generó que varios de los enunciados no estuvieran ajustados apropiadamente a la realidad del país.

Por lo tanto, el hecho de extraer dichos enunciados descritos anteriormente, e incorporararlos en un nuevo apartado, denominado “Adenda no vinculante”, permitió contar con un documento más acorde a la realidad costarricense, que permitiera satisfacer las necesidades presentes e inclusive disponer de elementos que podrían ser retomados a futuro, cuando se efectuaran cambios normativos.

Sin embargo, cabe destacar que al obtenerse valores promedio entre 4 y 5 para todas las preguntas del cuestionario, en todas las aplicaciones, se evidencia la conformidad general de los expertos con respecto al producto generado; al cual además se le realizaron modificaciones para contar con un documento todavía más idóneo para desarrollar inspecciones a nivel industrial en Costa Rica, considerándose que se logra integrar en las mismas todos los elementos de seguridad y protección radiológica que deben estar contemplados en una guía de inspección para el control y seguimiento de las prácticas industriales que hacen uso de fuentes radiactivas en Costa Rica, eje orientador del seminario.

Adicionalmente, como parte del proceso de evaluación, se determinó si existía concordancia entre las respuestas brindadas por los expertos que evaluaron cada uno de los usos dados a las fuentes radiactivas a nivel industrial. En este caso, para un nivel de confianza del 95% y con un criterio  $\alpha = 0,05$ , se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 13**

Valores del coeficiente de concordancia de Kendall y significancia asintótica según las aplicaciones dadas a las fuentes radiactivas a nivel industrial.

Aplicación	Coeficiente de concordancia de Kendall	Significancia asintótica
Densimetría nuclear	0,277	0,030
Gammagrafía industrial	0,387	0,008
Medición de niveles y espesores	0,493	0,016

Nota. Elaboración propia, 2020.

El coeficiente de concordancia de Kendall es una prueba estadística que genera valores que oscilan entre 0 y 1, donde 1 implica una concordancia total y 0 un desacuerdo total por parte de los individuos (Cobo *et al.* 2014). Para la densimetría nuclear, la gammagrafía industrial y la medición de niveles y espesores, los datos obtenidos indican que sí hubo concordancia entre los evaluadores y el hecho de que dichos valores no fueran muy elevados, podría estar vinculado con la variedad de expertos que participaron en el proceso de evaluación y los distintos puntos de vista que estos representaban, lo cual otorgó una elevada riqueza de conocimiento al producto final generado.

Además, para analizar la concordancia entre los expertos, también se plantearon las siguientes hipótesis:

*H<sub>0</sub>: No existe concordancia entre los criterios de los expertos al evaluar la guía de inspección.*

*H<sub>1</sub>: Existe concordancia entre los criterios de los expertos al evaluar la guía de inspección.*

De acuerdo con Cobo *et al.* (2014), si se tiene un nivel de significación ( $\alpha$ ) de 0,05 y los valores de significancia asintótica son menores a este parámetro, la hipótesis nula se rechaza. Dado que los datos obtenidos fueron menores a ese valor: 0,030; 0,008 y 0,016; se rechaza la hipótesis nula propuesta para este caso y se confirma que existe una concordancia entre los criterios de los expertos que participaron en el proceso de evaluación de cada uno de los formularios.

#### **4.4 Presentación de la versión final de la propuesta de guía de inspección**

Finalmente, una vez analizadas e incorporadas en el documento las mejoras propuestas en la evaluación efectuada por los expertos, se obtuvo como producto final una propuesta de guía de inspección disponible para ser utilizada de manera impresa o en formato digital; la cual se presenta a continuación:



# Guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas

Blanco Rodríguez Yorly

Herrera Murillo Mónica

Pérez Calvo Maureen

Valverde Cordero Karen



Costa Rica

2020

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVO.....	3
4. PRODUCTO .....	4
5. ALCANCE.....	4
6. ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	4
7. DISPOSICIONES GENERALES.....	4
7.1 Perfil del inspector .....	4
7.2 Tipos de inspección .....	5
7.3 Frecuencia de las inspecciones .....	5
8. DEFINICIONES .....	5
9. GLOSARIO DE SIGLAS .....	9
10. FORMULARIOS DE INSPECCIÓN.....	10
10.1 Formulario de inspección para prácticas con medidores de densidad y humedad. ....	11
10.2 Formulario de inspección para medidores de niveles y espesores.....	34
10.3 Formulario de inspección para gammagrafía industrial .....	66
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

## **1. INTRODUCCIÓN**

La presente guía de inspección consiste en un conjunto de pruebas realizadas para que el órgano regulador, o personal en su nombre, pueda evaluar en materia de seguridad y protección radiológica a las instalaciones, los sistemas, componentes y materiales, así como los procesos, procedimientos y la competencia del personal de las empresas e industrias que utilizan fuentes radiactivas para llevar a cabo sus actividades productivas.

A partir de este documento, se pueden realizar evaluaciones adaptadas específicamente a los usos de las fuentes radiactivas en Costa Rica, lo cual es de suma importancia para identificar la forma en que se desarrollan los procesos dentro de las industrias y así velar porque éstos se den de la manera más segura posible, reduciendo los riesgos asociados al uso de fuentes radiactivas.

La guía está constituida por tres formularios, uno específico para cada uno de los tres usos dados a las fuentes radiactivas en la industria costarricense: gammagrafía nuclear, práctica con medidores de densidad y humedad, así como en el área de verificación de niveles de llenado y control de espesores.

## **2. ANTECEDENTES**

La presente guía de inspección surge como producto del seminario de graduación para optar por el grado de licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, titulado “Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020” perteneciente a la Escuela de Tecnologías en Salud de la Universidad Costa Rica.

Se genera a raíz de la necesidad del Ministerio de Salud de poseer una guía de inspección específica, para verificar el cumplimiento de normas en seguridad y protección radiológica de aquellas industrias que utilizan fuentes radiactivas en sus labores. Esto con la finalidad de controlar los riesgos inherentes producto de la exposición a la radiación ionizante durante las prácticas y el almacenaje de las fuentes radiactivas, en el personal ocupacionalmente expuesto y el público en general.

Cumple lo estipulado en la normativa vigente nacional, el Decreto Ejecutivo 24037-Reglamento sobre Protección contra la Radiación Ionizante, principal estatuto legal en Costa Rica que regula el uso de radiación ionizante. No obstante, también se toma en cuenta normas de entes internacionales que emiten recomendaciones específicas para las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas, y con ello, obtener una guía de inspección integral.

## **3. OBJETIVO**

Establecer los principales aspectos sobre seguridad y protección radiológica que deben ser evaluados en las industrias que emplean fuentes radiactivas en Costa Rica.

#### **4. PRODUCTO**

Inspecciones que permitan la regulación y seguimiento de la seguridad y protección radiológica en las industrias que emplean fuentes radiactivas en el país.

#### **5. ALCANCE**

Para uso de las inspecciones y evaluaciones realizadas por el Ministerio de Salud de Costa Rica a nivel intrainstitucional, específicamente por la Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental.

#### **6. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El contenido de esta guía es aplicable a todas las instalaciones industriales en el país que se encuentren autorizadas por el Ministerio de Salud para la utilización de fuentes radiactivas en sus labores, es decir; para el área de gammagrafía industrial, medición de densidad y humedad, y para medición de niveles y espesores.

#### **7. DISPOSICIONES GENERALES**

##### **7.1 Perfil del inspector**

El personal responsable de la inspección debe tener la formación y experiencia apropiadas en protección y seguridad radiológica, además de un alto nivel de conocimiento de los requisitos de la inspección a realizar. Así mismo, debe poseer conocimiento sobre la naturaleza de los procesos realizados en los establecimientos que va a inspeccionar, de la forma en la que los mismos se gestionan y operan, y de los incidentes que pueden ocasionarse durante el desarrollo.

Los inspectores estarán en capacidad de emitir juicios objetivos de conformidad con los requisitos solicitados, responsabilidad e imparcialidad durante la evaluación, además de mantener la discreción y diplomacia durante la realización de la inspección, gran capacidad de comunicación, de análisis y de síntesis de la información.

Según el OIEA (2010b) la inspección se recomienda realizarse por dos personas como mínimo para tener una mayor probabilidad de detectar las posibles no conformidades y siendo uno de ellos el responsable de la inspección. Sin embargo; se debe tener en cuenta las características de cada establecimiento para determinar el número exacto de inspectores necesarios.

## 7.2 Tipos de inspección

Los formularios que se encuentran en esta guía funcionan para realizar los siguientes tipos de inspección, según el OIEA (2010b):

- Iniciales o preliminares: Cuando un establecimiento pretende iniciar una práctica industrial nueva y, ante consulta o duda razonable, se requiera programar una visita.
- De seguimiento y control: Las que se realizan programadas con una determinada frecuencia en el tiempo que la industria se encuentre con la autorización.
- Eventuales o de investigación: Cuando el Ministerio de Salud requiera de una investigación extraordinaria por algún motivo.
- De cierre o clausura: Cuando cesa la operación de la práctica industrial o en caso de que se retire la autorización por algún motivo.

## 7.3 Frecuencia de las inspecciones

El OIEA (2010b) recomienda como mínimo una inspección anual para las prácticas industriales de radiografía industrial, medición de densidad y humedad, así como para la medición de niveles/espesores.

Se debe establecer, según las recomendaciones del OIEA (2010b), un cronograma anual de inspecciones, priorizando a las industrias que tengan varios incumplimientos en la inspección anterior, luego a las industrias de tipo I (gammagrafía industrial) y por último a las de tipo II (medición de densidad y humedad, así como medición de nivel y espesor).

## 8. DEFINICIONES

A continuación, se brindan conceptos de vocabulario utilizado en los formularios, los cuales facilitan la comprensión de los requerimientos solicitados.

**autoridad reguladora:** Autoridad o autoridades nombradas o reconocidas de otra forma por un gobierno con fines de reglamentación en materia de protección y seguridad tecnológica. (OIEA, 2007).

**autorización:** Permiso por escrito otorgado por la autoridad reguladora para que una organización o individuo realice prácticas específicas. Dicha autorización puede ser una licencia, registro o acreditación. (OIEA, 2007)

**actividad:** Corresponde a una cantidad de radionucleido en un estado determinado de energía, en un tiempo dado. (OIEA, 2007)

**almacenamiento:** Colocación de fuentes o residuos radiactivos en una instalación dispuesta para su contención, con la intención de recuperarlos. (OIEA, 2007)

**blindaje:** Material interpuesto entre una fuente o equipo de radiación y las personas con el fin de atenuar la radiación hasta niveles que no produzcan daños apreciables. (Universidad de Loja, 2016)

**calibración:** Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación (CEM, 2012)

**colimador:** Artefacto generalmente fabricado de plomo, tungsteno o uranio empobrecido, se utiliza para minimizar el haz de radiación en algunas direcciones y su función es reducir los niveles de radiación y dosis posteriores. (OIEA, 2013)

**contenedor de exposición:** Blindaje en forma de contenedor elaborado para el uso de la radiación gamma proveniente de un radionucleido. Forma parte del equipo de gammagrafía. (ISO 3999, 2004)

**dosímetro:** Dispositivo o instrumento que puede utilizarse para medir o evaluar cualquier magnitud relacionada con la determinación de la dosis absorbida o equivalente en un periodo de tiempo. (Universidad de Loja, 2016)

**dosímetro de película/luminiscencia:** dosímetro que contiene un elemento pasivo para registrar la radioexposición del POE, para que luego sea procesada en un laboratorio de dosimetría y determinar la dosis recibida. (OIEA, 2013)

**dosímetros de lectura directa o electrónicos:** Son los dosímetros que usan un detector de estado sólido e indican de manera instantánea la dosis recibida por el POE. (OIEA, 2013)

**dosis absorbida:** La energía absorbida por unidad de masa  $D=d\varepsilon/dm$  donde  $d\varepsilon$  es la energía media impartida por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen, y  $dm$  es la masa de la materia contenida en dicho elemento de volumen. Su unidad es el Gray (Gy). (OIEA, 2007)

**dosis equivalente:** Dosis absorbida en un tejido u órgano, ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación. Su unidad es el Sievert (Sv). (OIEA, 2007)

**dosis efectiva:** La suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo a causa de irradiaciones externas e internas. Su unidad es el Sievert (Sv). (OIEA, 2007)

**dosis equivalente ambiental:** La dosis equivalente que se genera en un campo de radiación alineado y ampliado en una esfera ICRU a profundidad  $d$  en el radio opuesto a la dirección del campo alineado. (OIEA, 2007)

**dosis externa:** Exposición del organismo a fuentes exteriores a él. (OIEA, 2007)

**emergencia:** Situación que requiere medidas urgentes con el fin de atenuar el peligro para los trabajadores, a los miembros del público o a la población, en parte o en su conjunto. Se

incluyen las emergencias radiológicas o convencionales como incendios o inundaciones. (OIEA, 2007)

**encargado de protección radiológica:** Persona competente en cuestiones de protección radiológica de interés para el tipo de práctica autorizada, la persona es designada por un titular registrado para supervisar la aplicación de los requisitos prescritos por la autoridad regulatoria en la instalación. (OIEA, 2007)

**enclavamiento:** dispositivo de seguridad cuya función es el bloqueo del funcionamiento de un dispositivo. (Universidad de Loja, 2016)

**instalación:** Instalación que solicita autorización, o que está autorizada para hacer funcionar una instalación autorizada y es responsable de su seguridad tecnológica. (OIEA, 2007)

**exposición:** Acción y efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes emitidas por fuentes radiactivas internas o externas. (OIEA, 2007)

**fuente radiactiva:** Elemento constituido por un material radiactivo que se encuentra sellado en una cápsula y puede causar exposición a las radiaciones. (OIEA, 2007)

**fuente radiactiva en desuso:** Fuente radiactiva que ha dejado de utilizarse y que no se tiene intención de volver a utilizar en las prácticas para las que fueron autorizadas. (OIEA, 2007)

**gammagrafía industrial:** Práctica que involucra el uso de un radionucleido como fuente de radiación ionizante para la realización de radiografías que verifiquen la integridad física de estructuras como tuberías, soldaduras, piezas fundidas, entre otros. (OIEA, 2013)

**Geiger Müller:** Detector de radiación que determina la exposición o tasa de dosis absorbida o equivalente en determinado momento, la cual es proporcional a la corriente de los iones producidos. (Universidad de Loja, 2016)

**límite aceptado:** Valor de una magnitud, aplicado en ciertas actividades o circunstancias específicas, que no ha de ser rebasado, según las especificaciones del órgano regulador. (OIEA, 2007)

**mantenimiento:** Actividad organizada, tanto administrativa como técnica, para mantener las estructuras, sistemas y componentes en buenas condiciones de funcionamiento, incluidos los aspectos preventivos y correctores. (OIEA, 2007)

**mantenimiento preventivo:** Acciones necesarias que se realizan periódicamente para conservar el rendimiento de una estructura, sistema o componente y así lograr su máxima vida útil. (OIEA, 2007)

**mantenimiento correctivo:** Acciones necesarias para restaurar una estructura, sistema o componente mediante reparaciones o sustituciones para lograr un rendimiento adecuado que posibilite su vida máxima útil. (OIEA, 2007)

**monitor de radiación:** Instrumento utilizado para determinar la dosis, exposición, tasa de dosis y tasa de exposición en un momento y lugar específico. Existen dos tipos: los monitores

fijos para la vigilancia de la dosis en un lugar fijo y los monitores portátiles, para la vigilancia de la dosis en trabajos *in situ*. (CSN, 2015)

**nivel de investigación:** magnitud establecida que al alcanzarse o rebasarse amerite investigación; como la dosis efectiva, incorporación o contaminación de un área específica. (OIEA, 2007)

**portaguantes:** Parte del equipo de gammagrafía que acopla por medio de un cable flexible o un sistema articulado a la fuente radiactiva. (CSN, 2015)

**programa de protección radiológica:** Disposiciones sistemáticas encaminadas a permitir una adecuada consideración de las medidas de protección radiológica. (OIEA, 2007)

**prueba frotis:** Prueba para comprobar la hermeticidad de la fuente, se realiza obteniendo una muestra frotando la superficie de la fuente mediante el uso de un material absorbente, para luego calcular la actividad del material radiactivo en la muestra. (CSN, 2013)

**radiación ionizante:** Radiación que es capaz de generar iones libres cuando penetra materiales biológicos. (OIEA, 2007)

**radiación gamma:** Es la emisión electromagnética de energía en forma no corpuscular del núcleo del átomo, representan un poder de ionización relativamente bajo y una gran capacidad de penetración. (OIEA, 2009)

**radiografía in situ:** Actividades radiográficas que se efectúan en el lugar del cliente. Se realiza cuando los objetos no pueden trasladarse en un recinto blindado, por ende, se desplaza el equipo de gammagrafía al lugar de interés. (OIEA, 2013)

**radiografía industrial:** Práctica que involucra el uso de fuentes de radiación ionizante para la realización de radiografías que verifiquen la integridad física de estructuras como tuberías, soldaduras, piezas fundidas, entre otros. (OIEA, 2013).

**residuos radiactivos:** Material radiactivo para el que no se prevé uso posterior. (OIEA, 2007)

**seguridad física:** Medidas encaminadas a prevenir el acceso no autorizado o el daño a fuentes radiactivas, y la pérdida, robo o traslado no autorizado de esas fuentes. (OIEA, 2007)

**seguridad tecnológica:** Medidas destinadas a reducir al mínimo la probabilidad de accidentes ocasionados por fuentes radiactivas y, de ocurrir ese tipo de accidente, a mitigar sus consecuencias. (OIEA, 2007)

**seguridad y protección radiológica:** Protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante, así como seguridad tecnológica de las fuentes de radiación, incluidos los medios para conseguir esa protección y seguridad tecnológica, así como los medios para prevenir accidentes y atenuar las consecuencias de éstos si ocurrieran. (OIEA, 2007)

**simulacro de emergencia:** Ejercicio práctico de manejo de acciones operativas que se realiza mediante la escenificación de desastres en una situación hipotética de emergencia. Los participantes enfrentan situaciones recreadas utilizando las habilidades y técnicas con las que atenderían casos reales; implica la movilización y operación real de personal. (OIEA, 2010a)

**simulación de emergencia:** Es un ejercicio de escritorio que recrea un acontecimiento de emergencia radiológica frente al cual los participantes deben tomar decisiones basadas en la información que reciben durante el ejercicio. (OIEA, 2010a)

**verificación:** Aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos especificados. (CEM, 2012)

**zona controlada:** Aquella zona en la que debido a la probabilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv o dosis equivalentes superiores a los 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, piel y extremidades, es necesario establecer medidas para reducir la exposición a la radiación ionizante y limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos. (OIEA, 2007)

**zona supervisada:** Aquella área en la que existe probabilidad de recibir dosis superiores a los límites de dosis para los miembros del público, pero menores a las recibidas en la zona controlada o que es muy poco probable que suceda. (OIEA, 2007)

## 9. GLOSARIO DE SIGLAS

**CSN:** Consejo de Seguridad Nuclear.

**EPR:** encargado de protección radiológica.

**MS:** Ministerio de Salud.

**OIEA:** Organismo Internacional de Energía Atómica.

**POE:** personal ocupacionalmente expuesto.

**PPSR:** Programa de Seguridad y Protección Radiológica

**TLD:** dosímetro de termoluminiscencia.

## 10. FORMULARIOS DE INSPECCIÓN

En los siguientes formularios se encuentran los elementos esenciales de cada práctica industrial que utiliza fuentes radiactivas existentes en el país, que un inspector debe verificar para determinar la observancia del cumplimiento de la reglamentación o de las recomendaciones vinculantes en cuanto a protección y seguridad radiológica. Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos para el uso del formulario en cada inspección:

- Previamente a la inspección, es recomendable realizar una revisión del expediente y de las últimas observaciones realizadas en la instalación, para así tomar con especial consideración algunos aspectos como: cambios reportados, aprobados o pendientes, infracciones detectadas y sucesos reportados desde la última inspección.
- Cada formulario está organizado para una práctica industrial específica y debe ser completado siguiendo el orden y las indicaciones que allí mismo se indican, sin ninguna alteración.
- El formulario debe ser completado en su totalidad para los fines discrecionales de la Autoridad Reguladora.
- Cada uno de los formularios consta de cuatro secciones. Una primera sección de datos generales de la inspección y de la instalación, continuando con una sección de inspección documental donde se evalúa principalmente los registros e inventarios. Posteriormente, se presenta una sección de inspección procedimental donde se debe llevar a cabo la observación de las prácticas o realización de pruebas, y finalmente, se encuentra una adenda que consta de una serie de cuestiones de carácter recomendado, esto debido a que en la actualidad no se encuentran contempladas en la regulación costarricense, sin embargo, se toman en consideración para futuras actualizaciones reglamentarias.
- En cada una de las preguntas, se debe responder solamente lo que se le solicita. Al final de cada una de las secciones mencionadas, hay un espacio de observaciones para eventuales anotaciones por parte de las y los inspectores.
- Al término de la inspección se encuentra un apartado de conclusiones y una declaración de conformidad de ambas partes, tanto de la autoridad reguladora como de la instalación inspeccionada.

### 10.1 Formulario de inspección para prácticas con medidores de densidad y humedad.

FORMULARIO DE INSPECCIÓN PARA PRÁCTICAS CON MEDIDORES DE DENSIDAD Y HUMEDAD			
N° de Inspección: _____			
A. INFORMACIÓN RELATIVA A LA INSPECCIÓN			
1	Fecha de la inspección actual:	2	Hora inicio:
3	Fecha de la inspección anterior:		
4	Tipo de inspección:  <input type="radio"/> Iniciales o preliminares  Investigación (aplica para denuncias, órdenes sanitarias y evaluación de aspectos específicos del programa de protección radiológica) <input type="radio"/> Seguimiento y control  <input type="radio"/> Cierre o clausura	5	Inspectores responsables:  Inspector 1 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 2 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 3 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 4 Nombre: _____ Firma: _____
6	Encargado del establecimiento (acompañamiento en la instalación): Nombre: _____ Cédula: _____ Puesto: _____ Firma: _____		
7	Autorización para la toma de fotos y videos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No  <i>En caso de respuesta negativa, detallar en observaciones</i>  Nombre      funcionario      que      autoriza: _____ _____ Cédula: _____ Firma: _____	8	<b>Observaciones:</b>

<b>B. DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN</b>							
9	Nombre comercial de la instalación:						
10	Nombre o razón social de la instalación:						
11	Número de cédula física o jurídica:	12	N° de teléfono:				
13	Representante legal:	14	Correo electrónico:				
15	Encargado de protección radiológica:	16	Correo electrónico:				
<b>C. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>							
17	Dirección regional:			18	Área Rectora de Salud:		
19	Provincia:	2	Cantón:	21	Distrito:		
		0					
22	Dirección exacta de la instalación (calle, avenida, otras señas):						
<b>D. AUTORIZACIONES</b>							
23	¿Tiene Permiso Sanitario de Funcionamiento/Certificado de Habilitación (PSF/CH) o Certificado Veterinario de Operación (CVO)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No N° de permiso o certificado: _____						
24	Código CIUJ:			25	Fecha de renovación:		
26	¿Tiene autorización de operación vigente para los emisores de radiaciones ionizantes? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No Resolución: _____						
27	¿Tiene Orden Sanitaria pendiente (para los emisores de radiaciones ionizantes)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No N° Orden Sanitaria: _____ Fecha vencimiento: _____						
<b>E. DATOS DE LOS EMISORES DE RADIACIONES IONIZANTES (INVENTARIO)</b>							
<b>I. FUENTES RADIOACTIVAS</b>							
28	Radioisótopo	Fabricante o marca	N° Serie	Modelo	Actividad (Bq)	Fecha de la actividad	Condición (En uso o desuso)


**II. EQUIPOS QUE CONTIENEN LAS FUENTES RADIATIVAS**

29	Fabricante o Marca	Modelo	N° de Serie	Tipo de equipo (Marque con X)		Capacidad máxima	N° de serie de la fuente que contiene	Modelo de la fuente que contiene
				Retro-transmisión	Transmisión directa			

**F. LISTA DEL PERSONAL DE LA INSTALACIÓN (VINCULADO CON LOS EMISORES DE RADIACIÓN IONIZANTE)**

30	Nombre completo	N° de identificación (cédula de identidad, cédula de residencia, DIMEX)	Clasificación (Marque con X)			¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes vigente?	
			Operador	POE	Otro	Sí	No

**G. DETECTORES DE RADIACIÓN IONIZANTE**

31	Tipo de equipo*	Tipo de detector**	Fabricante o marca	Modelo	N° de Serie	Fecha de la última calibración

\*Tipo de equipo: "Monitor de área portátil", "Monitor de área fijo", "Monitor de contaminación", "Calibrador de dosis", etc

\*\*Tipo de detector: "Geiger-Müller", "Cámara de ionización", "Contador proporcional", "Estado sólido", "Centelleo", etc.

32	<b>Observaciones:</b>
----	-----------------------

**H. INSPECCIÓN DOCUMENTAL**

**I. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
33	¿Se tiene documentado en un mismo expediente los requisitos que debe cumplir una persona para realizar sus funciones con respecto a la protección radiológica (EPR y operadores)? <sup>1</sup>		
34	¿Se tiene documentado las responsabilidades de cada trabajador según sus funciones en materia de protección radiológica? <sup>1</sup>		
35	¿Todo el POE operador de medidores de densidad y humedad cuenta con licencia de operador vigente brindada por el MS? <sup>1</sup>		
36	¿Todo el POE tiene una edad igual o mayor a 18 años? <sup>2</sup>		
37	¿Existe un manual de procedimientos en la instalación? <sup>3</sup>		
	<i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 40</i>		

38	¿El manual de procedimientos es accesible para cualquier trabajador y para el MS? <sup>4</sup>		
39	De los siguientes apartados que deben incluirse en el manual de procedimientos, se incluyen los siguientes: <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> Operación <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Gestión de residuos radiactivos <input type="checkbox"/> Emergencias <input type="checkbox"/> Protección radiológica		

## II. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
40	¿La instalación cuenta con un EPR? <sup>1</sup>		
41	¿Tiene el EPR autorización de la Autoridad Reguladora para desempeñarse en esta función? <sup>1</sup>		
42	¿Todos los operadores de los medidores de densidad y humedad cuentan con capacitación para el buen y seguro desempeño de sus labores? <sup>1</sup>		
43	¿Todo el personal recibe cursos de actualización en temas de protección y seguridad radiológica? <sup>4</sup>  <i>En caso de respuesta afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i> <input type="text"/>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 45.</i>		
44	¿Se tiene un registro de todos los cursos de actualización en protección y seguridad radiológica con sus respectivas fechas de realización? <sup>4</sup>		
45	¿Se imparten cursos prácticos a los operadores de los medidores de densidad y humedad? <sup>5</sup>		
46	¿Se imparten simulaciones o simulacros de emergencia a modo de capacitación a los trabajadores? <sup>6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 48.</i>		
47	¿Se mantiene un registro que haga constar que todos los trabajadores participaron de las simulaciones y simulacros de emergencias? <sup>6</sup>		
48	¿Se socializa y se hace del conocimiento de los trabajadores el plan de emergencias? <sup>6</sup>		

## III. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS EQUIPOS

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
49	¿Existe un inventario actualizado de todo el equipo? <sup>1</sup>		

	<i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 52.</i>		
50	¿El inventario de equipo coincide con el aprobado en la autorización de operación? <sup>7</sup>		
51	De los siguientes datos que deben estar contenidos en el inventario del equipo, indique los que se incluyen: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Nombre del fabricante <input type="checkbox"/> Fecha de fabricación <input type="checkbox"/> Modelo <input type="checkbox"/> Número de serie		
52	¿Existe un inventario actualizado de todas las fuentes radiactivas? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 54.</i>		
53	De los siguientes datos que deben especificarse en el inventario de fuentes radiactivas, indique los que se incluyen: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Radionucleido <input type="checkbox"/> Forma física <input type="checkbox"/> Actividad expresada en Bq <input type="checkbox"/> Fecha de referencia de la actividad inicial <input type="checkbox"/> Fuente gamma o neutrones <input type="checkbox"/> Número de serie		
54	¿Todas las fuentes presentan una certificación de actividad y hermeticidad emitida por el fabricante? <sup>1</sup>		
55	¿Existe un registro sobre la ubicación actual de todas las fuentes selladas y dispositivos? <sup>4</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 57.</i>		
56	¿El registro de la ubicación actual de las fuentes y dispositivos tiene reportado la identificación de la persona responsable? <sup>4</sup>		
57	¿La cantidad de medidores de densidad y humedad que posee la instalación es la misma que la reportada cuando se otorgó la autorización de operación del MS? <sup>1</sup>		
58	¿El número de serie de los medidores de densidad y humedad es el mismo que el reportado al MS? <sup>1</sup>		
59	¿Los medidores de densidad y humedad son utilizados exclusivamente para realizar las actividades reportadas al MS? <sup>1</sup>		
60	¿Las especificaciones de los monitores de radiación son las indicadas para detectar radiación gamma*? <sup>8</sup>  <i>*Para el CSN son apropiados los detectores de centelleo de yoduro sódico activado con talio, detectores de germanio, también otros equipos de medida (proporcionales, centelleo, etc.)<sup>8</sup></i>		
61	¿Las especificaciones de los monitores de radiación indican un rango permitido de medición de radiación*? <sup>8</sup>  <i>*Para el CSN el rango de radiación mínimo va desde los 0,5 µSv/h hasta 100 mSv/h.<sup>7</sup></i>		

IV. OPERACIÓN DEL EQUIPO					
• MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD					
Indicaciones			Cumplimiento		
			Sí	No	
62	¿Los medidores de densidad y humedad cuentan con un certificado de control de calidad del fabricante? <sup>9</sup>				
63	¿Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo del equipo? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es positiva, indicar a continuación la frecuencia con que se realiza:</i> <input type="text"/>				
64	¿Se cuenta con una lista de técnicos o ingenieros responsables de mantenimiento preventivo y correctivo de los medidores de densidad y humedad? <sup>3</sup>				
65	¿Las personas o empresas encargadas de las actividades de mantenimiento del equipo cuentan con la autorización del MS? <sup>10</sup>				
Si el responsable del mantenimiento es empleado directo del establecimiento:  <i>En caso de no tener empleado directo como responsable, continuar con la pregunta 68.</i>		66	¿Se encuentra incluido en el programa de protección radiológica ocupacional? <sup>3</sup>		
		67	¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes? <sup>3</sup>		
Si el responsable del mantenimiento es una empresa contratada:  <i>En caso de no tener empresa contratada como responsable, continuar con la pregunta 70.</i>		68	¿Existe fotocopia del contrato de mantenimiento? <sup>3</sup>		
		69	¿Se cuenta con constancias que respalden el mantenimiento y el buen funcionamiento del equipo? <sup>9</sup>		
70	¿Existe un registro o bitácora donde se anotan todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo efectuadas a los equipos? <sup>3</sup>				
71	¿Se realizan verificaciones de buen funcionamiento y control de calidad antes de emplear los medidores de densidad y humedad? <sup>11</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 74.</i>				
72	¿Existe un registro donde se anotan todas las verificaciones del buen funcionamiento y pruebas de calidad efectuadas antes de emplear los medidores de densidad y humedad? <sup>7,11</sup>				
73	¿Las verificaciones del buen funcionamiento y pruebas de calidad realizadas, coinciden con las descritas en el manual de procedimientos? <sup>7</sup>				
74	¿A los detectores de radiación se les realiza procedimientos de mantenimiento periódicamente (según lo recomendado por el fabricante)? <sup>9</sup>				
75	¿A los detectores de radiación se les realiza procedimientos de calibración periódicamente (según lo recomendado por el fabricante)? <sup>9</sup>				

76	¿Se verifica periódicamente el nivel de carga de la batería de los detectores de radiación? <sup>5</sup>		
<b>V.VIGILANCIA RADIOLÓGICA</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL</b></li> </ul>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
77	¿Todo el POE tiene a disposición un dosímetro personal TLD para detectar radiación gamma? <sup>1</sup>		
78	¿Se determina la dosis externa recibida en los trabajadores periódicamente una vez al mes? <sup>2</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 91.</i>		
79	¿El servicio de dosimetría es efectuado por un prestatario de servicios autorizado por el MS? <sup>1</sup>		
80	¿Se informa al POE mensualmente los resultados de la medición de dosis externa recibida? <sup>1</sup>		
81	¿Se mantiene un registro de los resultados de dosimetría individual de todos los trabajadores? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 91.</i>		
82	¿El registro de la dosimetría individual de cada trabajador se encuentra actualizado? <sup>1</sup>		
83	¿El registro de la dosimetría individual se incluye en el expediente médico del trabajador? <sup>1</sup>		
84	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva promedio anual*? <sup>2,7</sup>  <i>* Para el CSN y el reglamento vigente N° 24037-S la dosis efectiva promedio en un año en un período de 5 años consecutivos es de 20 mSv.<sup>3,7</sup></i>		
85	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva en 5 años consecutivos*? <sup>2,7</sup>  <i>*Para el CSN y el reglamento vigente N° 24037-S el límite de dosis efectiva en 5 años consecutivos, es de 100 mSv.<sup>3,7</sup></i>		
86	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente en piel y extremidades anualmente*? <sup>2,7</sup>  <i>*Para el CSN y el reglamento vigente N° 24037S el límite de dosis equivalente en piel y extremidades en un año es de 500 mSv.<sup>3,7</sup></i>		
87	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente a cristalino anualmente*? <sup>2,7</sup>  <i>*Para el CSN y el reglamento vigente N° 24037-S el límite de dosis equivalente a cristalino en un año es de 150 mSv.<sup>3,7</sup></i>		

En el caso de que algún trabajador superó los límites de dosis establecidos de las preguntas anteriores:  <i>Si no se presentan dichos casos, continuar con la pregunta 91</i>	88	¿Se llevó a cabo una investigación para identificar la causa de la sobreexposición? <sup>2</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 91.</i>		
	89	¿Se elaboró un informe de la investigación realizada que permita realizar mejoras al plan de protección radiológica? <sup>2</sup>		
	90	¿Se rotó a otra área donde no hubo exposición a la radiación, mientras se realizaba la investigación? <sup>2</sup>		
91	¿En caso de trabajadoras embarazadas dentro de los procedimientos, éstas se apartan de labores que impliquen exposición a radiaciones ionizantes durante el período de embarazo? <sup>7</sup>  <i>Si no hay registro de trabajadoras embarazadas, continuar con la siguiente pregunta</i>			
92	¿En el historial médico de cada trabajador, existe registro de pruebas de salud física y psicológica realizadas antes de iniciar a trabajar en la instalación? <sup>2</sup>			
93	¿Se realizan valoraciones médicas una vez al año a todos los trabajadores para asegurar el bienestar de cada uno? <sup>2</sup>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN LOS TRABAJOS IN SITU</b></li> </ul>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
94	¿Se mantiene un registro de monitoreo de radiación in situ actualizado? <sup>7,8</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 97.</i>			
95	De los siguientes datos que deben estar incluidos en los registros de monitoreo de radiación in situ, indique los que se incluyen: <sup>7,8</sup>  <input type="checkbox"/> Lugar de monitoreo <input type="checkbox"/> Niveles de referencia <input type="checkbox"/> Fecha del monitoreo <input type="checkbox"/> Resultados del monitoreo <input type="checkbox"/> Nombre y firma de responsables			
96	¿Los registros del monitoreo de radiación en los trabajos in situ están disponibles para los operadores y para el MS? <sup>7,8</sup>			
<b>VI.CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>EN LAS INSTALACIONES FÍSICAS</b></li> </ul>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
97	¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento de los equipos? <sup>8</sup>			

	<p><i>En caso de respuesta afirmativa, anotar a continuación la frecuencia con que se realiza:</i> <input type="text"/></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 99.</i></p>		
98	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento del equipo? <sup>8</sup>		
99	¿Se conserva un libro de control donde firma cada persona que ingresa y se retira del lugar de almacenamiento? <sup>12</sup>		
<p>• <b>EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN</b></p>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
100	<p>¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento de los equipos?<sup>8</sup></p> <p><i>En caso afirmativo, indicar la frecuencia a continuación:</i> <input type="text"/></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 102.</i></p>		
101	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento de los equipos? <sup>8</sup>		
<b>VII. PLANES DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS</b>			
<b>Indicación</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
102	<p>¿La instalación cuenta con un plan en caso de emergencias contemplado en el manual de procedimientos?<sup>6</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 109.</i></p>		
103	<p>De los siguientes casos en que se debe contemplar acciones en el plan de emergencias, indique los que se encuentran detallados:<sup>6</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida o robo de un dosímetro</p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida o robo de una fuente radiactiva</p> <p><input type="checkbox"/> Daño físico de la cápsula de la fuente</p> <p><input type="checkbox"/> Exposición indebida de una persona</p> <p><input type="checkbox"/> Incendios</p> <p><input type="checkbox"/> Inundaciones, terremotos y otros eventos naturales</p>		

104	De los siguientes lugares donde pueden ocurrir emergencias y que deben determinarse acciones en el plan de emergencias, indique los que se incluyen: <sup>6</sup> <input type="checkbox"/> Sitios de operación <input type="checkbox"/> Instalaciones de almacenamiento <input type="checkbox"/> Durante el transporte dentro de la instalación <input type="checkbox"/> Durante el transporte fuera de la instalación		
105	¿El plan de emergencias contempla un registro de personas responsables según el incidente con su respectivo contacto? <sup>6</sup>		
106	¿El plan de emergencias detalla información de los recursos disponibles para la respuesta a las emergencias radiológicas? <sup>6</sup>		
107	¿En el plan de emergencias se describen medidas de seguridad y protección en caso de producirse una emergencia? <sup>6</sup>		
108	¿Se realizan revisiones y actualizaciones al plan de emergencias? <sup>6</sup>		
109	¿Se realizan simulacros de emergencia? <sup>6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa continuar con la pregunta 112.</i>		
110	¿Los simulacros de emergencia son realizados mínimo una vez cada año? <sup>6</sup>		
111	¿Se mantiene una bitácora de resultados de los simulacros? <sup>6</sup>		
En caso de que se haya producido una emergencia contestar las siguientes preguntas:  <i>Si nunca ha ocurrido una emergencia en la instalación, continuar con la pregunta 118.</i>	112	¿Se registraron las tasas de dosis de radiación reportadas por el dosímetro de lectura directa? <sup>6</sup>	
	113	¿Se registró el tiempo y distancia de exposición de cada una de las personas que participaron en la ejecución del plan de emergencia? <sup>6</sup>	
	114	¿Se elaboró un informe final de la emergencia? <sup>6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 118.</i>	
	115	De los siguientes apartados que deben contemplarse en el informe post emergencia, indique los que se incluyen: <sup>6</sup> <input type="checkbox"/> Descripción del incidente <input type="checkbox"/> Funcionarios y personas del público involucradas <input type="checkbox"/> Descripción de la fuente involucrada <input type="checkbox"/> Causas del incidente <input type="checkbox"/> Descripción del accionar de los responsables <input type="checkbox"/> Resultado de mediciones de contaminación radiológica	

		<input type="checkbox"/> Consecuencias del incidente <input type="checkbox"/> Aprendizaje obtenido <input type="checkbox"/> Consecuencias del incidente <input type="checkbox"/> Firma del EPR		
	116	¿El informe post emergencia fue elaborado por el EPR? <sup>6</sup>		
	117	¿Se reportó al MS mediante una copia del informe final de la emergencia? <sup>6</sup>		

### VIII.GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
118	¿Se cuenta con un procedimiento que contemple retornar al proveedor o transferir a una instalación autorizada para almacenar de forma temporal o prolongada, las fuentes radiactivas cuando sean consideradas residuo radiactivo? <sup>9</sup>		
119	¿Se reporta al MS cada 6 meses la cantidad de fuentes en desuso que se encuentran almacenadas en la instalación y su destino final? <sup>7</sup>		

### IX.PREVISIONES EN CASO DE CIERRE O CLAUSURA

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
120	¿La instalación cuenta con un plan en caso de cierre o clausura? <sup>6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la cuestión 122.</i>		
121	¿En el plan en caso de cierre o clausura se indica el destino final de los equipos radiactivos? <sup>6</sup>		
122	<b>Observaciones de la inspección documental:</b>		

<b>I. INSPECCIÓN PROCEDIMENTAL</b>			
<b>I. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
123	¿Durante el transcurso de la inspección, se evidencia que el EPR tiene conocimiento del programa de protección radiológica? <sup>1</sup>		
124	¿Durante el transcurso de la inspección, se demuestra que el personal conoce los procedimientos de seguridad y de emergencia? <sup>1</sup>		
<b>II. CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL EQUIPO</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
125	De la siguiente información que debe detallarse en las etiquetas externas de los medidores de densidad y humedad, indique las que se especifican: <sup>8</sup> <input type="checkbox"/> Modelo y número de serie del medidor <input type="checkbox"/> Número de serie de la fuente radiactiva <input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes <input type="checkbox"/> Código de identificación del medidor <input type="checkbox"/> Actividad de la fuente con la fecha de referencia <input type="checkbox"/> Símbolo químico y número másico del radionucleido		
126	¿Las fuentes radiactivas cumplen con las reglas internacionales para el sellado de “forma especial”, lo que significa que dispone de doble encapsulación para evitar cualquier fuga de material? <sup>8</sup>		
<b>II. OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD</b></li> </ul>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
127	¿El equipo se mantiene limpio cuando no se encuentra en uso? <sup>13</sup>		
128	¿Al realizar el mantenimiento preventivo del equipo, se observa que el funcionario autorizado emplea dosímetro personal? <sup>3</sup>		
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>OPERACIÓN IN SITU</b></li> </ul>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
129	¿Los medidores de densidad y humedad son utilizados únicamente por personal autorizado? <sup>9</sup>		
130	¿El personal utiliza siempre su dosímetro a la altura del pecho al operar los medidores de densidad y humedad? <sup>13</sup>		
131	¿En la zona de trabajo se cuenta con una copia del manual de procedimientos para consulta de los trabajadores en caso de dudas? <sup>6</sup>		

132	¿El lugar donde el equipo está operando se encuentra señalado como “Zona Controlada”? <sup>8</sup>		
133	¿La zona controlada está claramente delimitada alrededor de un mínimo de 3 metros de radio de distancia del medidor de densidad y humedad en operación? <sup>13</sup>		
134	De las siguientes rotulaciones en el exterior con que se debe identificar la zona controlada, indique las que se encuentran: <sup>8</sup>  <input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes <input type="checkbox"/> Leyenda de acceso restringido		
135	¿La cantidad de personas que se encuentran en la zona controlada es la estrictamente necesaria para realizar las tareas (un operador y un auxiliar para cada medidor de densidad y humedad)? <sup>9</sup>		
136	¿Existe alguna señal (sonora, visible) en la zona controlada que indique que la exposición a la fuente radiactiva está en curso? <sup>6</sup>		
137	Si el operador del medidor de densidad y humedad necesita alejarse para realizar otra medición: ¿se mantiene siempre custodiando el medidor? <sup>8</sup>		
138	Antes de iniciar las labores con los medidores de densidad y humedad: ¿La persona encargada verifica que en la zona controlada no haya personas ajenas al trabajo? <sup>10</sup>		
139	Cuando el operador se encuentra en la fase de toma de datos, ¿permanece cerca del medidor de densidad y humedad el menor tiempo posible? <sup>12</sup>		
140	Cuando el trabajador se encuentra operando el medidor de densidad y humedad, ¿lo realiza desde 1 metro o más de distancia? <sup>12</sup>		
141	Antes de abandonar la zona controlada, ¿se hace una inspección visual del equipo para asegurarse que vaya en buen estado y que no se hayan quedado olvidados implementos? <sup>1</sup>		
142	¿La zona supervisada se encuentra claramente delimitada entre los 3 y 5 metros (según la recomendación del fabricante) del medidor de densidad y humedad en operación? <sup>13</sup>		
143	¿La zona supervisada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>8</sup>		

### III.VIGILANCIA RADIOLÓGICA

- VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
144	¿Todo el POE utiliza un dosímetro de película o TLD para cuantificar la dosis externa? <sup>1</sup>		
145	¿Los dosímetros se almacenan en un lugar con llave dentro de la instalación cuando no están en uso? <sup>6</sup>		
146	Fuera de horario de trabajo, ¿los dosímetros se almacenan en un lugar seco, libre de polvo, sin exposición a la luz, calor o agua? <sup>6</sup>		
147	Fuera de horario de trabajo, ¿los dosímetros se almacenan en un lugar lejos de fuentes radiactivas? <sup>6</sup>		

<ul style="list-style-type: none"> <li><b>VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN LOS TRABAJOS IN SITU</b></li> </ul>			
Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
148	¿Existe un programa de monitoreo de radiación in situ previo y posterior a los trabajos con medidores de densidad y humedad? <sup>6,8</sup>		
149	¿Se realiza mediciones posteriores a los trabajos con medidores de densidad y humedad en la zona de trabajo para verificar que no existen pérdidas de fuentes radiactivas? <sup>1,8</sup>		
<b>IV.CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>EN LAS INSTALACIONES</b></li> </ul>			
Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
150	¿El lugar donde se almacena el equipo se encuentra señalado como “Zona Controlada”? <sup>8</sup>		
151	¿La zona controlada está claramente delimitada? <sup>8</sup>		
152	De las siguientes rotulaciones en el exterior con que se debe identificar la zona controlada, indique las que se encuentran: <sup>8</sup> <input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes <input type="checkbox"/> Leyenda de acceso restringido		
153	¿La zona supervisada se encuentra claramente delimitada? <sup>8</sup>		
154	¿La zona supervisada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>8</sup>		
155	¿Existe un control de las personas que ingresan a las instalaciones de almacenamiento? <sup>9</sup>		
156	¿El equipo se almacena en una zona seca? <sup>13</sup>		
157	¿El equipo está situado lejos de zonas corrosivas? <sup>10</sup>		
158	¿El equipo se almacena en una zona libre de polvo? <sup>13</sup>		
159	¿La instalación de almacenamiento está construida con materiales retardadores de fuego? <sup>9</sup>		
160	¿La instalación de almacenamiento se encuentra alejada de zonas de peligro de explosión? <sup>10</sup>		
161	¿La instalación se encuentra blindada con adecuados materiales tales como: plomo, concreto, hierro y materiales con alto contenido de hidrógeno como el polietileno? <sup>12</sup>		
162	¿Los blindajes de la instalación se encuentran en buen estado? <sup>6</sup>		
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN</b></li> </ul>			
Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
163	¿El lugar donde se almacena el equipo se encuentra señalado como “Zona Controlada”? <sup>8</sup>		

164	¿La zona controlada está claramente delimitada? <sup>8</sup>		
165	De las siguientes rotulaciones en el exterior con que se debe identificar la zona controlada, indique las que se encuentran: <sup>8</sup> <input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes <input type="checkbox"/> Leyenda de acceso restringido		
166	¿La instalación posee en sus paredes o puerta externa, el nombre y contacto del responsable? <sup>13</sup>		
167	¿El acceso al sitio de almacenamiento es restringido? <sup>8</sup>		
168	¿Se conserva un libro de control donde firma cada persona que ingresa y se retira del lugar de almacenamiento? <sup>12</sup>		
169	¿La zona aledaña al recinto donde se almacenan los equipos está señalada como zona supervisada? <sup>9</sup>		
170	¿En el sitio de almacenamiento, los medidores de densidad y humedad se encuentran lejos de otros materiales peligrosos? <sup>9</sup> <i>En caso de respuesta negativa, indicar cuáles:</i> <input type="text"/>		
171	¿El equipo se almacena en una zona seca? <sup>13</sup>		
172	¿El equipo está situado lejos de zonas corrosivas? <sup>10</sup>		
173	¿El equipo se almacena en una zona libre de polvo? <sup>13</sup>		
174	¿La instalación de almacenamiento está construida con materiales retardadores de fuego? <sup>9</sup>		
175	¿La instalación de almacenamiento está construida con material que asegure el control de la radiación al exterior? <sup>9</sup>		
176	¿La instalación de almacenamiento (cuando no se encuentre blindada) se encuentra a 5 metros o más de los lugares de trabajo? <sup>12</sup>		
177	¿La instalación de almacenamiento se encuentra alejada de zonas de peligro de explosión? <sup>14</sup>		
178	¿La puerta de la instalación de almacenamiento se mantiene siempre cerrada? <sup>12</sup>		
179	De los siguientes cuidados que se debe tener al guardar el medidor de densidad y humedad cuando no esté en uso tras las actividades de campo, indique los que se efectúan: <sup>13</sup> <input type="checkbox"/> Estado apagado <input type="checkbox"/> En su estuche de plástico <input type="checkbox"/> Alejado de dormitorios <input type="checkbox"/> Cerradura con llave en la puerta de acceso <input type="checkbox"/> Alejado de áreas de consumo de alimentos		

<b>V.GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
180	<p>¿Las instalaciones cuentan con un área diseñada para el almacenamiento temporal de las fuentes en desuso?<sup>7</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 182.</i></p>		
181	<p>¿El área de almacenamiento temporal de las fuentes en desuso se encuentra en buen estado de conservación y reúne condiciones seguridad radiológica y física?<sup>9</sup></p>		
182	<p>¿Las fuentes en desuso son gestionadas acorde a lo establecido en el manual de procedimientos?<sup>9</sup></p> <p><i>De ser afirmativa la respuesta, indicar a continuación la cantidad de fuentes en desuso existentes:</i></p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 500px;"></div>		
183	<p>¿Se cuenta con contenedores certificados para el almacenar temporalmente las fuentes en desuso?<sup>9</sup></p>		
184	<p>¿La cantidad almacenada de fuentes en desuso y su destino final coincide con lo reportado al MS?<sup>15</sup></p>		
185	<p><b>Observaciones de la inspección procedimental:</b></p>		
<b>J. ADENDA NO VINCULANTE</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
186	<p>¿Existen registros de todas las capacitaciones prácticas impartidas a los trabajadores con sus respectivas fechas?<sup>4</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 188.</i></p>		
187	<p>De los siguientes temas que deben desarrollarse en las capacitaciones prácticas impartidas a los operadores, indique los que se brindan:<sup>4</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Manejo de detector Geiger Müller</p>		

	<input type="checkbox"/> Uso y manejo del equipo <input type="checkbox"/> Uso de los componentes de seguridad del equipo <input type="checkbox"/> Manejo del equipo de emergencia <input type="checkbox"/> Mantenimiento de los densímetros y fuentes radiactivas <input type="checkbox"/> Almacenamiento adecuado del equipo <input type="checkbox"/> Uso del equipo de protección radiológica <input type="checkbox"/> Medición de atenuación <input type="checkbox"/> Estimación de dosis para clasificación de zonas		
188	De los siguientes apartados que debe contener el registro o bitácora de acciones de mantenimiento realizadas, indique los que se incluyen: <sup>12</sup> <input type="checkbox"/> Fecha de ejecución <input type="checkbox"/> Acciones de mantenimiento efectuadas <input type="checkbox"/> Responsable <input type="checkbox"/> Repuestos adquiridos (si aplica)		
189	De las siguientes tareas de mantenimiento preventivo que debe realizarse a los medidores de densidad y humedad, indique las que se ejecutan: <sup>13</sup> <input type="checkbox"/> Limpieza de la base y cubierta <input type="checkbox"/> Limpieza de la varilla que contiene la fuente <input type="checkbox"/> Lubricación del equipo		
190	De las siguientes verificaciones del buen funcionamiento del equipo, indique las que se realizan antes de emplear los medidores de densidad y humedad (según la recomendación del fabricante): <sup>9,13</sup> <input type="checkbox"/> Conexiones <input type="checkbox"/> Estado del etiquetado de los contenedores <input type="checkbox"/> Estado de cables <input type="checkbox"/> Mecanismos de sujeción <input type="checkbox"/> Sistemas de seguridad <input type="checkbox"/> Hermeticidad de las fuentes <input type="checkbox"/> Niveles de exposición en el exterior de los contenedores		
191	¿Se realizan anualmente pruebas de detección de fugas en las fuentes selladas con un método aprobado*? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 193.</i>  *Para el CSN los métodos aprobados son la prueba frotis y la de inmersión. <sup>8</sup>		

192	¿Se llevan registros de las pruebas de detección de fugas realizadas anualmente junto con el método utilizado? <sup>1</sup>		
193	¿Se realizan pruebas de detección de fugas en las fuentes selladas con un método aprobado después de cada mantenimiento correctivo? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 195.</i>  <i>*Para el CSN los métodos aprobados son la prueba de frotis y la de inmersión.<sup>8</sup></i>		
194	¿Se llevan registros de las pruebas de detección de fugas realizadas después de cada mantenimiento correctivo junto con el método utilizado? <sup>1</sup>		
195	¿En caso de tener registrado un escape como resultado de una prueba de fuga, se notificó al órgano regulador? <sup>1</sup>  <i>Si no se presentó la situación, continuar con la siguiente pregunta.</i>		
196	En caso de tener resultados mensuales de algún trabajador con dosis superiores a 6 mSv, ¿se informó a la autoridad regulatoria la causa y medidas tomadas al respecto? <sup>8</sup>  <i>Si no se presentó el caso, continuar con la siguiente pregunta.</i>		
197	En caso de almacenarse el medidor de densidad y humedad por más de 30 días en un lugar temporal, ¿se notificó al MS? <sup>12</sup>  <i>Si no se presentó el caso, continuar con la siguiente pregunta.</i>		
198	De los siguientes implementos con que debe contar la instalación para la atención de emergencias, indique los que posee: <sup>12</sup>  <input type="checkbox"/> Sistema contra incendios <input type="checkbox"/> Alumbrado de emergencia <input type="checkbox"/> Productos descontaminantes <input type="checkbox"/> Ducha y lavado de emergencia <input type="checkbox"/> Botiquín de primeros auxilios		
199	De los siguientes implementos con que debe contar la instalación para la aplicación de la protección radiológica, indique los que posee: <sup>11</sup>  <input type="checkbox"/> Blindajes portátiles de radiación gamma <input type="checkbox"/> Blindajes portátiles de neutrones <input type="checkbox"/> Instrumentos para manipular fuentes <input type="checkbox"/> Medidores de radiación portátiles <input type="checkbox"/> Conos o triángulos de seguridad <input type="checkbox"/> Señales de radiación ionizante <input type="checkbox"/> Cintas de seguridad		
200	¿Los medidores portátiles de radiación cuentan con alarmas audibles, visibles o vibratorias para cuando se detectan elevadas tasas de dosis? <sup>16</sup>		
201	¿Los medidores portátiles de radiación son resistentes a las condiciones ambientales de los sitios de trabajo? <sup>11</sup>		
202	¿El panel de control cuenta con cerradura para prevenir el uso no autorizado? <sup>9</sup>		
203	¿El panel de control posee algún botón de parada por emergencia? <sup>9</sup>		
204	De las siguientes partes con que deben contar los medidores de densidad y humedad, indique las que poseen (según especificación del fabricante): <sup>12</sup>		

	<input type="checkbox"/> Bloque de referencia <input type="checkbox"/> Varilla de perforación <input type="checkbox"/> Batería de repuesto <input type="checkbox"/> Cargadores (uno para CC y otro CA) <input type="checkbox"/> Candados para densímetro y para la caja de transporte <input type="checkbox"/> Manual de operaciones del densímetro dado por el fabricante <input type="checkbox"/> Caja de transporte <input type="checkbox"/> Extractor		
205	¿En las pruebas de fugas directa sobre la fuente se obtuvo como resultado una medición de 185 Bq o menos? <sup>14</sup>		
206	¿En las pruebas de fugas sobre una superficie equivalente de prueba se obtuvo medición de 18,5 Bq o menos? <sup>14</sup>		
207	<p>De las siguientes verificaciones que debe realizar el operador cuando utiliza el medidor de densidad y humedad para evitar inconvenientes, indique las que se realizan:<sup>13</sup></p> <input type="checkbox"/> Se presenta mensaje de error <input type="checkbox"/> Lecturas irregulares <input type="checkbox"/> Se apaga después de haberse encendido <input type="checkbox"/> Mal funcionamiento <input type="checkbox"/> Finalización de la vida útil de las baterías <input type="checkbox"/> Datos sin significado <input type="checkbox"/> Conteos correctos, resultados equivocados		
208	<p>De las siguientes intervenciones que debe realizar el operador antes de utilizar el medidor de densidad y humedad, indique las que se realizan:<sup>13</sup></p> <input type="checkbox"/> Verificación de condiciones de blindaje <input type="checkbox"/> Calibración electrónica <input type="checkbox"/> Verificación de hermeticidad de la fuente <input type="checkbox"/> Calibración mecánica <input type="checkbox"/> Inspección visual del estado del etiquetado		
209	<p>De los siguientes implementos que debe tener las instalaciones de almacenamiento en buen estado, indique los que se encuentran:<sup>16</sup></p> <input type="checkbox"/> Señalización con información de la fuente radiactiva que contienen <input type="checkbox"/> Cerradura con llave en la puerta de acceso <input type="checkbox"/> Contenedores blindados (ejemplo: blindaje artificial en concreto, tapas blindadas, nichos blindados) <input type="checkbox"/> Enclavamientos de seguridad <input type="checkbox"/> Interruptores de seguridad <input type="checkbox"/> Un monitor de radiación <input type="checkbox"/> Sistema de extinción de incendios <input type="checkbox"/> Sistema de detección de incendios		

<b>K. CONCLUSIONES DE LA INSPECCIÓN</b>	
210	<input type="radio"/> No se presentan incumplimientos <input type="radio"/> Se ha constatado algún incumplimiento <input type="radio"/> Seguimiento de algún incumplimiento  <i>(Detallar en observaciones)</i>
211	<b>Observaciones:</b>
212	Hora de finalización: _____  <b>Funcionarios que realizan la inspección:</b> Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____ Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____ Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____ Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____  <b>Encargado de la instalación (acompañamiento):</b> Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL FORMULARIO DE MEDIDORES DE DENSIDAD Y HUMEDAD

1. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010). *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1526\\_s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1526_s_web.pdf)
2. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2001). *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*. Madrid, España. [http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)

3. Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f). *Guía para el manual de procedimientos con densímetros nucleares*.  
[https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimientos\\_densímetros\\_nucleares.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimientos_densímetros_nucleares.pdf)
4. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998). *Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica: Guía de seguridad 7.3*. Madrid, España. [https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset\\_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696](https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696)
5. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1996). *Protección Radiológica en América Latina y el Caribe*. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/000/28000875.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/000/28000875.pdf)
6. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1999). *Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources* [Planes de evaluación de seguridad para la autorización e inspección de fuentes de radiación]: *TECDOC-1113*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1113\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1113_prn.pdf)
7. Decreto Ejecutivo 24037 de 1995. Por el cual se dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. San José, Costa Rica. 8 de marzo de 1995. D.O. No. 40120
8. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2012). *Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares. (15/2012-CITMA)*. Madrid, España. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/46/071/46071736.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/071/46071736.pdf)
9. Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala. (2011). *Guía para autorización e inspección de medidores nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
10. Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear. (2004). *Code of practice and safety guide. Portable Density/Moisture Gauges Containing Radioactive Sources (ARPANSA 5)* [Código de prácticas y guía de seguridad. Medidores portátiles de densidad / humedad que contienen fuentes radiactivas] <https://www.arpansa.gov.au/sites/default/files/legacy/pubs/rps/rps5.pdf>
11. Universidad Técnica Particular de Loja. (2016). *Manual de Procedimientos en Operaciones Normales y de Emergencias Radiológicas para un Densímetro Nuclear*. Loja, Ecuador.

<https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/Manual%20de%20Procedimientos%20de%20Operaci%C3%B3n%20Normal%20y%20de%20Emergencia%20Radiol%C3%B3gicas.PDF>

12. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009). *Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s_web.pdf)
13. Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). (2011). *Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares*. <https://es.slideshare.net/eduardosalinas3532/protocolodensimetronuclear>
14. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2013). *Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas: Guía de Seguridad 5.3*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-03%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20de%20la%20hermeticidad%20de%20fuentes%20radiactivas%20encapsuladas>
15. Ley N°8839 de 2010. Por la cual se regula la Gestión Integral de Residuos. San José, Costa Rica. 25 de marzo de 2010. D.O. No. 15897
16. Ministerio de Salud del Gobierno de El Salvador. (2020). *Manual de Procedimientos de la Dirección de Protección Radiológica*. <http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/manual/manualprocedimientosadministrativosdireccionproteccionradiologicav3.pdf>

## 10.2 Formulario de inspección para medidores de niveles y espesores

<b>FORMULARIO DE INSPECCIÓN PARA MEDIDORES DE NIVELES Y ESPESORES</b>			
N° de Inspección: _____			
<b>A. INFORMACIÓN RELATIVA A LA INSPECCIÓN</b>			
1	Fecha de la inspección actual:	2	Hora inicio:
3	Fecha de la inspección anterior:		
4	Tipo de inspección:  <input type="radio"/> Iniciales o preliminares  Investigación (aplica para denuncias, órdenes sanitarias y evaluación de aspectos específicos del programa de protección radiológica)  <input type="radio"/> Seguimiento y control  <input type="radio"/> Cierre o clausura	5	Inspectores responsables:  Inspector 1 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 2 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 3 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 4 Nombre: _____ Firma: _____
6	Encargado del establecimiento (acompañamiento en la instalación): Nombre: _____ Cédula: _____ Puesto: _____ Firma: _____		

7	Autorización para toma de fotos y videos: <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No  <i>En caso de respuesta negativa, detallar en observaciones.</i>  Nombre funcionario que autoriza: _____ Cédula: _____ Firma: _____	8	<b>Observaciones:</b>
<b>B. DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN</b>			
9	Nombre comercial de la instalación:		
10	Nombre o razón social de la instalación:		
11	Número de cédula física o jurídica:	12	N° de teléfono
13	Representante legal:	14	Correo electrónico:
15	Encargado de protección radiológica:	16	Correo electrónico:
<b>C. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>			
17	Dirección regional:		18 Área Rectora de Salud:
19	Provincia:	20 Cantón:	21 Distrito:
22	Dirección exacta de la instalación (calle, avenida, otras señas):		
<b>D. AUTORIZACIONES</b>			
23	¿Tiene Permiso Sanitario de Funcionamiento/Certificado de Habilitación (PSF/CH) o Certificado Veterinario de operación (CVO)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No  N° de permiso o certificado: _____		

24	Código CIU:	25	Fecha de renovación:
----	-------------	----	----------------------

26	¿Tiene autorización de operación vigente para los emisores de radiaciones ionizantes? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No Resolución: _____
----	---

27	¿Tiene Orden Sanitaria pendiente (para los emisores de radiaciones ionizantes)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No N° Orden Sanitaria: _____ Fecha vencimiento: _____
----	---

**E. DATOS DE LOS EMISORES DE RADIACIONES IONIZANTES (INVENTARIO)**

**I. FUENTES RADIATIVAS**

28	Radioisótopo	Marca o fabricante	N° Serie	Modelo	Actividad (Bq)	Fecha de la actividad	Condición (En uso o desuso)

**II. EQUIPOS QUE CONTIENEN LAS FUENTES RADIATIVAS**

29	Fabricante o marca	Modelo	N° Serie	Tipo de equipo (Marque con X)		Capacidad máxima	N° de serie de la fuente que contiene	Modelo de la fuente que contiene
				Retro-Transmisión	Transmisión directa			

**F. LISTA DEL PERSONAL DE LA INSTALACIÓN (VINCULADO CON LOS EMISORES DE RADIACIÓN IONIZANTE)**

30	Nombre completo	N° de identificación (cédula de identidad, cédula de residencia, DIMEX)	Clasificación (Marque con X)			¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes vigente?	
			Operador	POE	Otro	Sí	No

**G. DETECTORES DE RADIACIÓN IONIZANTE**

31	Tipo de equipo*	Tipo de detector**	Fabricante o marca	Modelo	N° de serie	Fecha de la última calibración

\*Tipo de equipo: "Monitor de área portátil", "Monitor de área fijo", "Monitor de contaminación", "Calibrador de dosis", etc

\*\*Tipo de detector: "Geiger-Müller", "Cámara de ionización", "Contador proporcional", "Estado sólido", "Centelleo", etc.

32	<b>Observaciones:</b>
----	-----------------------

H. INSPECCIÓN DOCUMENTAL			
I. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTALACION			
Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
33	¿Se tiene documentado en un mismo expediente los requisitos que debe cumplir una persona para realizar sus funciones con respecto a la protección radiológica (EPR y operadores)? <sup>1,2</sup>		
34	¿Se tiene documentado las responsabilidades de cada trabajador según sus funciones en materia de protección radiológica? <sup>1,2</sup>		
35	¿Existe un manual de procedimientos en la instalación? <sup>1</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 39.</i>		
36	De los siguientes apartados que deben incluirse en el manual de procedimientos, se incluyen los siguientes. <sup>1</sup>  <input type="checkbox"/> Operación <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Gestión de residuos radiactivos <input type="checkbox"/> Emergencias <input type="checkbox"/> Protección radiológica operacional		
37	¿La documentación del manual de procedimientos es comprensible para los usuarios y fácilmente identificable? <sup>3</sup>		
38	¿El manual de procedimientos es accesible para cualquier trabajador y para el MS? <sup>4</sup>		
39	¿Se implementa un Programa de Protección y Seguridad Radiológica (PPSR)? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 42.</i>		
40	¿Existe evidencia de que el PPSR se somete a mejoras constantemente? <sup>3</sup>		
41	¿La documentación del PPSR es comprensible para los usuarios, fácilmente identificable, y está disponible en el lugar de uso? <sup>3</sup>		
42	¿Todo el POE operador de medidores de niveles y espesores cuenta con la autorización o licencia de operador vigente brindada por el MS? <sup>1,3</sup>		
43	¿El personal que realiza la práctica y actividades relacionadas con los medidores de niveles y espesores tiene 18 años o más? <sup>1</sup>		

44	¿La cantidad de personal corresponden con el tipo y la cantidad de medidores de niveles y espesores empleados? <sup>3</sup>		
<b>II. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
45	¿La instalación cuenta con EPR? <sup>2</sup>		
46	¿Tiene el EPR autorización de la Autoridad Reguladora para desempeñarse en esta función? <sup>1,3</sup>		
47	¿Se designó un operador y un auxiliar de operador para el uso de cada medidor de nivel y espesor portátil? <sup>3</sup>		
48	¿Se designó un operador para el uso de medidores de niveles y espesores fijos? <sup>3</sup>		
49	¿Los operadores de los medidores de niveles y espesores cuentan con capacitación para el buen y seguro desempeño de sus labores? <sup>2</sup>		
50	¿Al efectuarse cambios en el tipo, cantidad y carga de trabajo de los medidores de niveles y espesores, la dotación del personal es reevaluada por la dirección de la instalación? <sup>3</sup>		
51	<p>¿Todo el personal recibe cursos de actualización en temas de protección y seguridad radiológica?<sup>5</sup></p> <p><i>Si la respuesta es afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 20px; margin: 5px 0;"></div> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 54.</i></p>		
52	<p>De la siguiente lista de tópicos que debe incluir el programa de los cursos de actualización en protección y seguridad radiológica, indique los que se incluyen:<sup>5</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Información sobre los riesgos asociados a la radiación ionizante, los principios básicos de protección radiológica y las responsabilidades principales de cada trabajador.</p> <p><input type="checkbox"/> Instrucción en materia de protección y seguridad radiológica, incluyendo lecciones aprendidas de incidentes y exposiciones accidentales.</p> <p><input type="checkbox"/> Información sobre la significación de los actos de los trabajadores desde el punto de vista de la protección y la seguridad radiológica.</p> <p><input type="checkbox"/> Información a las trabajadoras que deban entrar en zonas controladas o zonas supervisadas, sobre los riesgos que conlleva para el embrión la exposición de una mujer embarazada a la radiación.</p>		

	<input type="checkbox"/> Información, instrucción y capacitación a los trabajadores que puedan ser afectados por la ejecución del plan de emergencias. <input type="checkbox"/> Mecanismo de evaluación del conocimiento de los trabajadores, su nivel de capacitación y competencia.		
53	¿Se tiene un registro de todos los cursos de actualización en protección y seguridad radiológica que realizan los operadores junto con la fecha en la que se ejecutan? <sup>5</sup>		
54	¿Se imparten simulaciones o simulacros de emergencia a modo de capacitación a los trabajadores? <sup>6</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 56.</i>		
55	¿Se mantiene un registro que haga constar que todos los trabajadores participaron de las simulaciones o simulacros de emergencias? <sup>6</sup>		
56	¿Se socializa y se hace del conocimiento de los trabajadores el plan de emergencias? <sup>6</sup>		
<b>III. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS EQUIPOS</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
57	¿Existe un inventario actualizado de los medidores de niveles y espesores? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 61.</i>		
58	¿El inventario de medidores de niveles y espesores coincide con el aprobado en la autorización de operación? <sup>1</sup>		
59	¿El inventario de medidores de niveles y espesores en la instalación se verifica mensualmente? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, indicar a continuación la frecuencia:</i>  <input type="text"/>		
60	De la siguiente lista de datos que debe incluir el inventario de medidores de niveles y espesores, indique los que se incluyen: <sup>3</sup>  <input type="checkbox"/> Nombre del fabricante <input type="checkbox"/> Número de serie <input type="checkbox"/> Modelo <input type="checkbox"/> Fecha de fabricación		

61	<p>¿Existe un inventario actualizado de todas las fuentes radiactivas en la instalación?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 65.</i></p>		
62	<p>De la siguiente lista de datos que debe incluir el inventario de fuentes radiactivas, indique los que se incluyen:<sup>3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Radionucleido <input type="checkbox"/> Modelo</p> <p><input type="checkbox"/> Forma física <input type="checkbox"/> Fabricante</p> <p><input type="checkbox"/> Actividad inicial <input type="checkbox"/> Ubicación</p> <p><input type="checkbox"/> Categoría de la fuente <input type="checkbox"/> Uso que se le dará</p> <p><input type="checkbox"/> Fuente gamma o neutrones <input type="checkbox"/> N° de serie del cabezal que contiene la fuente</p> <p><input type="checkbox"/> Fecha de referencia de la actividad inicial</p>		
63	<p>¿El inventario de fuentes radiactivas coincide con el aprobado en la autorización de operación?<sup>2</sup></p>		
64	<p>¿El inventario de las fuentes radiactivas existentes en la instalación se verifica mensualmente?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <p><input type="text"/></p>		
65	<p>¿Las fuentes selladas que se emplean en la práctica de medidores de niveles y espesores cuentan con una certificación de actividad y hermeticidad emitida por el fabricante?<sup>2</sup></p>		
66	<p>De la siguiente lista de datos que se debe documentar sobre las fuentes radiactivas, indique las que se incluyen:<sup>3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Condiciones para el montaje <input type="checkbox"/> Pruebas de aceptación</p> <p><input type="checkbox"/> Periodo de garantía <input type="checkbox"/> Condiciones de operación</p> <p><input type="checkbox"/> Mantenimiento periódico <input type="checkbox"/> Instrucciones de seguridad</p>		
67	<p>¿Existe un registro de la ubicación actual de las fuentes radiactivas?<sup>5</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 69.</i></p>		

68	¿El registro de la ubicación actual de las fuentes incluye datos de identificación de la persona responsable? <sup>4</sup>		
69	¿Existe un inventario de los equipos de monitoreo de tasa de dosis equivalente ambiental con los que cuenta la instalación? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 71.</i>		
70	De la siguiente lista de datos que debe incluir el inventario de los equipos de monitoreo de tasa de dosis equivalente ambiental, indique los que se incluyen: <sup>3</sup>  <input type="checkbox"/> Nombre del fabricante <input type="checkbox"/> Fecha de fabricación <input type="checkbox"/> Número de serie <input type="checkbox"/> Modelo		
71	¿Existe un expediente de cada uno de los equipos dosimétricos con los que cuenta la instalación? <sup>3</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 74.</i>		
72	De la siguiente lista de datos que debe incluir el expediente de cada uno de los equipos dosimétricos, indique los que se incluyen: <sup>3</sup>  <input type="checkbox"/> Documentación del fabricante en español <input type="checkbox"/> Certificado de verificación <input type="checkbox"/> Instrucciones de operación <input type="checkbox"/> Reparaciones y mantenimientos <input type="checkbox"/> Conclusiones documentadas sobre las calibraciones realizadas		
73	¿Se vela por la actualización y custodia del expediente de cada uno de equipos dosimétricos utilizados en la vigilancia radiológica? <sup>3</sup>		
74	¿Los equipos dosimétricos utilizados poseen una sensibilidad compatible con el tipo y la energía de los campos de radiación existentes en las zonas a controlar? <sup>3</sup>		
75	¿Los equipos dosimétricos utilizados miden las tasas de dosis presentes cubriendo como mínimo un rango de medición desde los 0,5µSv/h hasta los 100 mSv/h*? <sup>3</sup>  <i>*El CSN estipula los rangos indicados (desde los 0,5µSv/h hasta los 100 mSv/h) para la medición de las tasas de dosis con los equipos dosimétricos.<sup>3</sup></i>		

**IV. OPERACIÓN DEL EQUIPO**

• **MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**

Indicaciones			Cumplimiento		
			Sí	No	
76	¿Todos los medidores de niveles y espesores cuentan con un certificado de control de calidad del fabricante? <sup>7</sup>				
77	¿Existe un programa de mantenimiento y verificaciones para los medidores de niveles y espesores? <sup>8</sup>				
78	¿Las personas o entidades encargadas del mantenimiento del equipo cuentan con la autorización del MS? <sup>9</sup>				
79	¿Se tiene una lista de ingenieros o técnicos encargados del mantenimiento y verificaciones periódicas de los equipos? <sup>10</sup>				
Si el responsable del mantenimiento es empleado directo del establecimiento:  <i>En caso de no tener empleado directo como responsable, continuar con la pregunta 82.</i>		80	¿Se encuentra incluido en el programa de protección radiológica ocupacional? <sup>10</sup>		
		81	¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes? <sup>10</sup>		
Si el responsable del mantenimiento es una empresa contratada:  <i>En caso de no tener empleado directo como responsable, continuar con la pregunta 84</i>		82	¿Existe copia del contrato de mantenimiento? <sup>10</sup>		
		83	¿Se cuenta con constancias que respalden el mantenimiento y el buen estado del equipo? <sup>7</sup>		
84	¿Existe un registro o bitácora donde se anotan todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo efectuadas a los equipos? <sup>4</sup>				
85	¿Se lleva a cabo mantenimiento planificado a los medidores de niveles y espesores definidos por el fabricante? <sup>3,5</sup>				
86	¿Se llevan a cabo acciones de mantenimiento diario y verificaciones del buen funcionamiento de los equipos una vez terminados los trabajos con los medidores de niveles y espesores? <sup>3,5</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 88</i>				

87	<p>De las siguientes partes del equipo, indique a cuáles se les verifica el buen estado una vez concluidos los trabajos con medidores de niveles y espesores:<sup>11</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Superficie exterior del equipo (etiquetado, rótulos, entre otros)</p> <p><input type="checkbox"/> Piezas móviles</p> <p><input type="checkbox"/> Estado de tornillos y tuercas</p> <p><input type="checkbox"/> Herramientas para manipular fuentes</p>		
88	¿Se realizan procedimientos de mantenimiento periódicamente a los detectores de radiación (según lo recomendado por el fabricante)? <sup>7</sup>		
89	¿Se realizan procedimientos de calibración periódicamente a los detectores de radiación (según lo recomendado por el fabricante)? <sup>7</sup>		
90	¿Se verifica periódicamente el nivel de carga de la batería de los detectores de radiación? <sup>7</sup>		
91	¿Los equipos dosimétricos con los que cuenta la instalación poseen certificado de calibración vigente? <sup>7</sup>		
92	<p>De las siguientes verificaciones que se deben realizar a los equipos dosimétricos antes de su uso, indique las que se realizan:<sup>3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Carga de batería <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> Funcionamiento de los ajustes a cero</span></p> <p><input type="checkbox"/> Comprobación de la respuesta</p>		
93	<p>¿Se verifica el buen funcionamiento de los equipos dosimétricos cada año?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, indique a continuación la periodicidad:</i></p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 300px; margin-top: 5px;"></div>		
94	¿Se llevan registros de las verificaciones del buen funcionamiento realizadas a los equipos dosimétricos? <sup>3</sup>		
95	¿Se verifica el buen funcionamiento de todos los equipos cuando existan motivos para suponer una alteración en el resultado de las mediciones? <sup>3</sup>		
96	¿Se verifica el buen funcionamiento de todos los equipos después de cada reparación? <sup>3</sup>		
97	¿Las verificaciones del buen funcionamiento y pruebas de calidad realizadas, coinciden con las descritas en el manual de procedimientos? <sup>1</sup>		

## V. VIGILANCIA RADIOLÓGICA

- VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
98	<p>¿Se determina la dosis externa recibida de cada uno de los trabajadores con la utilización de un dosímetro personal TLD para detectar radiación gamma?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 108.</i></p>		
99	<p>¿La lectura de los dosímetros personales y la evaluación de la dosis ocupacional recibida por cada POE se realizan mensualmente?<sup>3</sup></p>		
100	<p>¿El servicio de dosimetría personal es realizado por una entidad autorizada por el MS?<sup>2</sup></p>		
101	<p>¿Se informa al POE mensualmente los resultados de la dosis externa recibida?<sup>2</sup></p>		
102	<p>¿Se mantiene un registro de los resultados de la vigilancia radiológica individual de cada POE?<sup>2,3</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 108.</i></p>		
103	<p>¿El registro de dosimetría individual de cada trabajador se encuentra actualizado?<sup>2</sup></p>		
104	<p>¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva promedio por año*?<sup>1,8</sup></p> <p><i>*Para el CSN y el Reglamento vigente N° 24037 la dosis efectiva promedio en un año en un período de 5 años consecutivos es de 20 mSv.<sup>1,8</sup></i></p>		
105	<p>¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva en 5 años consecutivos*?<sup>1,8</sup></p> <p><i>* Para el CSN y el Reglamento vigente N° 24037 el límite de dosis efectiva en un año es de 50mSv, siempre que no sobrepase los 100 mSv en 5 años consecutivos<sup>1,8</sup></i></p>		
106	<p>¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente en piel y extremidades por año*?<sup>1,8</sup></p> <p><i>* Para el CSN y el Reglamento vigente N° 24037 el límite de dosis equivalente en piel y extremidades en un año es de 500mSv.<sup>1,8</sup></i></p>		

107	<p>¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente al cristalino por año*?<sup>1,8</sup></p> <p><i>* Para el CSN y el Reglamento vigente N° 24037 el límite de dosis equivalente a cristalino en un año es de 150 mSv.<sup>1,8</sup></i></p>			
108	<p>¿En caso de trabajadoras embarazadas dentro de los procedimientos, estas se apartan de labores que impliquen exposición a radiaciones ionizantes durante el periodo de embarazo?<sup>1</sup></p> <p><i>Si no hay registro de trabajadoras embarazadas, continuar con la siguiente pregunta.</i></p>			
<p>En caso de que algún trabajador superó los límites de dosis establecidos en las preguntas anteriores:</p> <p><i>Si no es el caso, continuar con la pregunta 112.</i></p>	109	<p>¿Se llevó a cabo una investigación para identificar la causa de la sobreexposición?<sup>8</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 112.</i></p>		
	110	<p>¿Se elaboró un informe de la investigación realizada en aras de incorporar mejoras al PPSR?<sup>8</sup></p>		
	111	<p>¿Se rotó a otra área donde no hubo exposición a la radiación, mientras se realizaba la investigación?<sup>8</sup></p>		
112	<p>¿Existe un expediente médico radiológico para cada POE en el que se encuentre el registro de la dosimetría individual?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 114.</i></p>			

113	<p>De la siguiente lista de datos que debe incluir el expediente médico radiológico de cada POE, indique los que se incluyen:<sup>3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Nombre y dirección de la instalación</p> <p><input type="checkbox"/> Nombre y número de cédula del trabajador</p> <p><input type="checkbox"/> Condición médica</p> <p><input type="checkbox"/> Registro de la exposición ocupacional (historial dosimétrico; incluido exposición previa)</p> <p><input type="checkbox"/> Resultados mensuales de la vigilancia radiológica</p> <p><input type="checkbox"/> Registro de actividad incorporada y dosis comprometida en caso de contaminación</p>		
114	<p>¿Se realizan valoraciones médicas a todo el POE para asegurar el bienestar de cada uno?<sup>5,8</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 116.</i></p>		
115	<p>¿Se incorporan los resultados de las valoraciones médicas anuales en el expediente de cada POE?<sup>4</sup></p>		
<p>• <b>VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN LOS TRABAJOS IN SITU</b></p>			
<p style="text-align: center;"><b>Indicaciones</b></p>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
116	<p>¿Se mantiene un registro actualizado de la vigilancia radiológica in situ?<sup>1,4</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 119.</i></p>		
117	<p>De la siguiente lista de datos que se deben incluir en los registros de la vigilancia radiológica in situ, indique los que se incluyen:<sup>1,3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Fecha de ejecución de la vigilancia radiológica</p> <p><input type="checkbox"/> Nombre, apellidos y firma del responsable del monitoreo</p> <p><input type="checkbox"/> Descripción del área o puesto de trabajo evaluado y un esquema de los puntos donde se hicieron mediciones</p> <p><input type="checkbox"/> Actividad de la fuente y fecha de referencia</p> <p><input type="checkbox"/> Resultados del monitoreo</p> <p><input type="checkbox"/> Datos del equipo dosimétrico utilizado</p> <p><input type="checkbox"/> Observaciones y recomendaciones</p>		

118	¿Los registros del monitoreo de radiación en los trabajos in situ están disponibles para los operadores y para el MS? <sup>1,3</sup>		
<b>VI. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>			
• <b>EN LAS INSTALACIONES FISICAS</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
119	<p>¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento de los equipos?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es positiva, anotar a continuación la frecuencia:</i></p> <input type="text"/> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 121.</i></p>		
120	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento? <sup>3</sup>		
121	¿Se conserva un libro de control donde firma cada persona que ingresa y se retira del lugar de almacenamiento? <sup>12</sup>		
• <b>EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
122	<p>¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento de los equipos?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es positiva, anotar a continuación la frecuencia:</i></p> <input type="text"/> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 124.</i></p>		
123	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento de los equipos? <sup>3</sup>		
<b>VII. PLANES DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS</b>			

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
124	<p>¿La instalación cuenta con un plan en caso de emergencias contemplado en el manual de procedimientos?<sup>5,6</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 131.</i></p>		
125	<p>De los siguientes casos a los que se les debe contemplar acciones en el plan de emergencias, indique los que se encuentran detallados:<sup>6,11</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida o robo de un medidor</p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida o robo de una fuente radiactiva</p> <p><input type="checkbox"/> Daño físico al recipiente de una fuente</p> <p><input type="checkbox"/> Fuga de sustancias radiactivas de una fuente sellada</p> <p><input type="checkbox"/> Exposición del POE a causa de un fallo del equipo o error de procedimiento</p> <p><input type="checkbox"/> Causas externas a la instalación (desastres)</p>		
126	<p>De los siguientes sitios de una instalación en los que puede ocurrir una emergencia y que deben determinarse acciones en el plan de emergencias, indique los que se incluyen:<sup>6</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Sitios de operación</p> <p><input type="checkbox"/> Instalaciones de almacenamiento</p> <p><input type="checkbox"/> Durante el transporte dentro de las instalaciones</p> <p><input type="checkbox"/> Durante el transporte fuera de las instalaciones</p>		
127	¿En el plan de emergencias se tiene información de entidades o personas a contactar en caso de que la emergencia lo amerite? <sup>6</sup>		
128	¿En el plan de emergencias se describen medidas de seguridad y protección en caso de producirse una emergencia? <sup>6</sup>		
129	¿En el plan de emergencias se describe la disponibilidad de equipo de respuesta a emergencias e información del mismo? <sup>5</sup>		
130	¿Se realizan revisiones y actualizaciones al plan de emergencias? <sup>6</sup>		
131	¿Se realizan simulacros de emergencia? <sup>6</sup>		

	<i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 134.</i>			
132	¿Los simulacros de emergencia son realizados mínimo una vez cada año? <sup>6</sup>			
133	¿Se mantienen registros acerca de la periodicidad de los simulacros y sobre los resultados de los mismos? <sup>6</sup>			
<p>En caso de que haya ocurrido una emergencia en la instalación conteste las siguientes preguntas:</p> <p><i>Si nunca ha ocurrido una emergencia en la instalación, continuar con la pregunta 140.</i></p>	134	¿Se registraron las tasas de dosis de radiación reportadas por el dosímetro de lectura directa? <sup>6</sup>		
	135	¿Se registró el tiempo y distancia de exposición de cada una de las personas que participaron en la ejecución del plan de emergencia? <sup>6</sup>		
	136	<p>¿Se elaboró un informe final de la emergencia?<sup>6,9</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 140.</i></p>		
	137	<p>De la siguiente lista de datos que debe incluir el informe de la emergencia, indique los que se incluyen:<sup>9</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Descripción del incidente</li> <li><input type="checkbox"/> Causas del incidente</li> <li><input type="checkbox"/> Equipo involucrado</li> <li><input type="checkbox"/> Descripción del accionar de los responsables</li> <li><input type="checkbox"/> Resultados de las mediciones de contaminación radiológica</li> <li><input type="checkbox"/> Consecuencias del incidente</li> <li><input type="checkbox"/> Aprendizaje obtenido</li> <li><input type="checkbox"/> Mejoras en el plan de emergencias</li> <li><input type="checkbox"/> Firma del EPR</li> </ul>		

	138	¿El informe de la emergencia fue elaborado por el EPR? <sup>6,9</sup>		
	139	¿Se reportó al MS mediante una copia del informe final de la emergencia? <sup>6</sup>		
<b>VIII. GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
140	De las siguientes opciones sobre la gestión de fuentes selladas en desuso, indique cuáles se incluyen en el manual de procedimientos como forma de gestionar las fuentes en la instalación: <sup>5</sup>			
	<input type="checkbox"/> Retornar al fabricante o al proveedor en el país de origen. <input type="checkbox"/> Transferir a alguna otra organización autorizada si la fuente cumple con los requisitos para su uso seguro <input type="checkbox"/> Almacenar temporalmente en la propia instalación hasta definir la vía de gestión <input type="checkbox"/> Transferir a una instalación para el almacenamiento temporal o prolongado			
141	¿Se reporta al MS cada 6 meses las fuentes en desuso que se encuentran almacenadas en la instalación? <sup>1</sup>			
<b>IX. PREVISIONES EN CASO DE CLAUSURA</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
142	¿La instalación cuenta con un plan en caso de que esta deje de operar o sea clausurada por el MS? <sup>5</sup>			
	<i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 146.</i>			
143	¿El plan de cierre o clausura indica la disposición final de los equipos radiactivos? <sup>5</sup>			
144	¿La instalación posee un respaldo económico que permita una adecuada gestión de las fuentes radiactivas en caso de ser clausurada? <sup>5</sup>			
145	<b>Observaciones de la inspección documental:</b>			

<b>I. INSPECCIÓN PROCEDIMENTAL</b>				
<b>I. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
146	¿Durante el transcurso de la inspección se evidencia que el EPR tiene conocimiento del programa de protección radiológica? <sup>2</sup>			
147	¿Durante el transcurso de la inspección se demuestra que el personal conoce los procedimientos de seguridad y de emergencia? <sup>2</sup>			
<b>II. CONDICIONES ESPECIFICAS DE LOS EQUIPOS</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
148	¿El diseño del recipiente que proporciona el blindaje y la colimación de la fuente contienen un mecanismo que evite el desmontaje por parte de personas no calificadas? <sup>3</sup>			
149	¿El diseño del recipiente que proporciona el blindaje y la colimación de la fuente incluyen elementos de fijación mecánica, que requieran el uso de herramientas especiales para su desmontaje? <sup>3</sup>			
150	¿El recipiente de alojamiento de la fuente permite el correcto posicionamiento de la misma, de manera que se garantice la seguridad radiológica y física? <sup>3</sup>			
151	¿El diseño del medidor provee la existencia de un obturador, que permita el control del haz a través del cierre y la apertura del mismo? <sup>3</sup>			
152	¿Se garantiza que el obturador es efectivo en situaciones de incidentes, accidentes u operación por parte de personas inexpertas? <sup>3</sup>			

153	¿El diseño del medidor garantiza el cierre inmediato del obturador ante cualquier falla que se produzca? <sup>3</sup>		
154	¿El diseño del obturador permite el funcionamiento del equipo en todos los regímenes de temperaturas, vibraciones y golpes, al que pueda estar sometido este durante su operación en condiciones normales de trabajo? <sup>3</sup>		
155	¿Existe un sistema para verificar que el obturador quede cerrado cuando no haya ningún material a ser medido? <sup>3</sup>		
156	¿El obturador dispone de una señal que indique la posición de abierto o cerrado? <sup>3</sup>		
157	¿Los componentes del detector están protegidos por una cubierta que proporcione protección contra agentes externos que pueden estar presentes durante el uso del equipo? <sup>3</sup>		
158	¿El diseño del recipiente del detector está diseñado de forma que el operador no pueda exponer sus manos u otra parte de su cuerpo al haz útil, durante el ajuste de los dispositivos electrónicos? <sup>3</sup>		
159	¿Los dispositivos de fijación de la fuente y del detector están diseñados de forma que faciliten el posicionamiento de la fuente y el detector? <sup>3</sup>		
160	¿Los dispositivos de fijación de la fuente y del detector están diseñados de forma que garanticen la instalación permanente en la posición seleccionada, teniendo en cuenta las condiciones ambientales existentes? <sup>3</sup>		
161	¿La fuente y el detector están diseñados de forma que exista un dispositivo de fijación adicional que los acomode? <sup>3</sup>		
162	<p>De la siguiente información que debe detallarse en la etiqueta externa de los medidores de niveles y espesores, indique los que se especifican:<sup>3</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Modelo y número de serie del medidor</p> <p><input type="checkbox"/> Número de serie de la fuente radiactiva</p> <p><input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes</p> <p><input type="checkbox"/> Código de identificación del medidor</p> <p><input type="checkbox"/> Actividad de la fuente y fecha de referencia</p> <p><input type="checkbox"/> Radionucleido</p>		

163	¿Las etiquetas externas se encuentran estampadas o fijadas de forma tal que se mantenga legible durante toda la vida operacional del equipo? <sup>3</sup>		
164	¿Las fuentes radiactivas cumplen con las reglas internacionales para el sellado de "forma especial", lo que significa que dispone de doble encapsulación para evitar cualquier fuga de material? <sup>5</sup>		
<b>II. OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>			
• <b>MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
165	¿A la hora de ejecutar el mantenimiento preventivo del equipo, se observa que el funcionario autorizado utiliza el dosímetro personal? <sup>10</sup>		
166	¿El equipo se mantiene limpio cuando no está en uso? <sup>13</sup>		
• <b>OPERACIÓN IN SITU</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
167	¿Los medidores de niveles y espesores son utilizados únicamente por personal autorizado? <sup>3</sup>		
168	¿El personal utiliza siempre su dosímetro a la altura del pecho al operar los medidores de niveles y espesores? <sup>2,3</sup>		
169	¿En la zona de trabajo se cuenta con una copia del manual de procedimientos para consultas en caso de dudas? <sup>6</sup>		
170	¿El lugar donde el equipo está operando se encuentra señalado como zona controlada? <sup>4</sup>		
171	¿La zona controlada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes y leyenda de acceso restringido? <sup>3</sup>		
172	¿La cantidad de personas que se encuentran en la zona controlada es la estrictamente necesaria para realizar las tareas (un operador y un auxiliar para cada equipo)? <sup>3</sup>		
173	¿Existe alguna señal (sonora, visible) en la zona controlada que indique que la exposición a la fuente radiactiva está en curso? <sup>3</sup>		
174	¿El operador del medidor de nivel y espesor se mantiene siempre custodiando el equipo, aunque necesite alejarse de este? <sup>3</sup>		
175	¿Antes del uso o la manipulación de un medidor de nivel y espesor el encargado verifica que en la zona controlada no haya personas ajenas al trabajo? <sup>3</sup>		

176	¿El operador permanece cerca del medidor el menor tiempo posible cuando este se encuentra en la fase de toma de datos? <sup>12</sup>		
177	¿El operador manipula el medidor desde 1 metro o más de distancia? <sup>12</sup>		
178	¿Al abandonar la zona controlada se hace una inspección visual del equipo para asegurar que vaya en buen estado y que no se hayan quedado olvidados implementos? <sup>2</sup>		
179	¿La zona supervisada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>3</sup>		
<b>III. VIGILANCIA RADIOLOGICA</b>			
• <b>VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
180	¿Todo POE cuenta con su respectivo dosímetro para cuantificar la dosis externa? <sup>3</sup>		
181	¿Existen dosímetros de lectura directa con alarma sonora para casos de exposiciones planificadas? <sup>3</sup>		
182	¿Los dosímetros se almacenan en un lugar con llave dentro de la instalación cuando no se encuentran en uso? <sup>6</sup>		
183	¿El lugar donde se almacenan los dosímetros cuando no están en uso se encuentra en un sitio apartado de fuentes radiactivas? <sup>6</sup>		
184	¿El lugar donde se almacenan los dosímetros cuando no están en uso es seco, libre de polvo y sin exposición de luz o calor? <sup>6</sup>		
• <b>VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN LOS TRABAJOS IN SITU</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
185	¿Existe un programa de monitoreo in situ previo y posterior a los trabajos con medidores de niveles y espesores? <sup>3,6</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 190.</i>		

186	De las siguientes partes del equipo, indique a cuáles se les verifica el buen estado una vez concluidos los trabajos con medidores de niveles y espesores: <sup>11</sup>  <input type="checkbox"/> Superficie exterior del equipo (etiquetado, rótulos, entre otros)  <input type="checkbox"/> Piezas móviles  <input type="checkbox"/> Estado de tornillos y tuercas  <input type="checkbox"/> Herramientas para manipular fuentes		
187	De las siguientes comprobaciones que deben realizarse a la fuente, indique las que se realizan: <sup>11</sup>  <input type="checkbox"/> Fuente radiactiva bien sujeta a su recipiente de alojamiento  <input type="checkbox"/> No hay pérdidas de fuentes radiactivas		
188	¿La vigilancia radiológica de las zonas y los puestos de trabajo es realizada por una persona con adiestramiento y experiencia en el manejo de los equipos dosimétricos? <sup>3</sup>		
189	¿La persona que realiza la vigilancia radiológica de las zonas y los puestos de trabajo posee conocimientos sobre las características operacionales, las limitaciones de los equipos dosimétricos utilizados y los procedimientos de monitoreo? <sup>3</sup>		
<b>IV. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>			
• <b>EN LAS INSTALACIONES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
190	¿Se encuentra bien delimitada la zona controlada? <sup>3,5</sup>		
191	De las siguientes áreas que debe incluir la zona controlada, indique las que se incluyen: <sup>3,5</sup>  <input type="checkbox"/> Almacenes de fuentes  <input type="checkbox"/> Almacenes de medidores de niveles y espesores  <input type="checkbox"/> Áreas de trabajo circundantes a medidores nucleares fijos, portátiles o móviles		
192	De la siguiente lista de datos con los que debe estar identificada la zona controlada en la parte exterior, indique las que se encuentran: <sup>1,3</sup>  <input type="checkbox"/> Símbolo internacional de radiaciones ionizantes		

	<input type="checkbox"/> Leyendas de acceso restringido		
193	¿Se encuentra bien delimitada la zona supervisada? <sup>3,5</sup>		
194	¿La zona supervisada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>1</sup>		
195	¿Las instalaciones donde se almacenan los medidores de niveles y espesores son áreas con limitado acceso de personal? <sup>3</sup>		
196	¿El acceso a las zonas controladas y supervisadas está restringido a través de barreras físicas y la aplicación de procedimientos específicos de control y acceso? <sup>3</sup>		
197	¿Los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores son lugares con bajo riesgo de incendio e inundación? <sup>3</sup>		
198	¿Los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores están contruidos con materiales retardadores de fuego? <sup>3</sup>		
199	¿Los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores se usan exclusivamente para dicho fin? <sup>3</sup>		
200	¿La instalación está blindada con materiales adecuados tales como: plomo, concreto, hierro y materiales con alto contenido de hidrogeno como el polietileno? <sup>12</sup>		
201	¿Los blindajes de la instalación se encuentran en buen estado? <sup>6</sup>		
202	¿Los medidores de niveles y espesores portátiles se almacenan siempre dentro de sus correspondientes contenedores de transporte con un cierre con candado? <sup>3</sup>		
203	¿En el interior de los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores existe información visual actualizada sobre la distribución de las fuentes y de los medidores de niveles y espesores existentes? <sup>3</sup>		
204	¿Los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores poseen adecuada iluminación tanto en el interior como en el exterior? <sup>3</sup>		
205	¿Las llaves de acceso a los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores están bajo custodia del EPR o de otra persona designada por el representante legal de la instalación? <sup>3</sup>		
206	¿El equipo está situado lejos de zonas corrosivas y explosivas? <sup>3</sup>		
207	¿El equipo se almacena en una zona seca y libre de polvo? <sup>11,13</sup>		

• EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN			
Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
208	¿Se encuentra claramente delimitada la zona controlada? <sup>5</sup>		
209	¿La zona controlada incluye áreas como los almacenes de medidores de niveles y espesores, y áreas de trabajo circundantes a los medidores nucleares fijos, portátiles o móviles? <sup>5</sup>		
210	¿El acceso a las zonas controladas está restringido a través de barreras físicas y la aplicación de procedimientos específicos de control y acceso? <sup>3</sup>		
211	¿Se encuentra claramente delimitada la zona supervisada? <sup>5</sup>		
212	¿La zona supervisada incluye áreas circundantes al lugar donde se almacenan los equipos? <sup>5</sup>		
213	¿La puerta de la instalación de almacenamiento se mantiene siempre cerrada? <sup>12</sup>		
214	¿La superficie exterior de la puerta de almacenamiento esta señalizada con el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>3</sup>		
215	¿Las instalaciones donde se encuentran los medidores de niveles y espesores son áreas con limitado acceso de personal? <sup>3</sup>		
216	¿Los locales de almacenamiento de medidores de niveles y espesores son lugares con bajo riesgo de incendio e inundación? <sup>3</sup>		
217	¿Los locales de almacenamiento de fuentes y de medidores de niveles y espesores están contruidos con materiales retardadores de fuego? <sup>3</sup>		
218	<p>¿Las instalaciones de almacenamiento de medidores de niveles y espesores se encuentran lejos de otros materiales peligrosos?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, indicar a continuación cuáles materiales peligrosos:</i></p> <input type="text"/>		
219	¿La instalación está blindada con materiales adecuados tales como: plomo, concreto, hierro y materiales con alto contenido de hidrogeno como el polietileno? <sup>1</sup>		
220	¿Los blindajes de la instalación se encuentran en buen estado? <sup>6</sup>		

221	¿Los medidores de niveles y espesores portátiles se almacenan siempre dentro de sus correspondientes contenedores de transporte con un cierre con candado? <sup>3</sup>		
222	¿Los locales de almacenamiento de medidores de niveles y espesores poseen adecuada iluminación tanto en el interior como en el exterior? <sup>3</sup>		
223	¿Las llaves de acceso a los locales de almacenamiento de medidores de niveles y espesores están bajo custodia del EPR o de otra persona designada por el representante legal de la instalación? <sup>3</sup>		
224	¿El equipo está situado lejos de zonas corrosivas o explosivas? <sup>3</sup>		
225	¿El equipo se almacena en una zona seca y libre de polvo? <sup>11,13</sup>		
<b>V. GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
226	¿Las instalaciones cuentan con un área diseñada para el almacenamiento temporal de las fuentes en desuso? <sup>1</sup>  <i>Si la respuesta es negativa continuar con la pregunta 228.</i>		
227	¿El área de almacenamiento temporal de las fuentes en desuso se encuentra en buen estado de conservación y reúne condiciones de seguridad radiológica y física? <sup>2</sup>		
228	¿Las fuentes en desuso son gestionadas según lo estipulado en el Manual de procedimientos? <sup>3</sup>		
229	¿Se cuenta con contenedores certificados para el almacenar temporalmente las fuentes en desuso? <sup>5</sup>		
230	¿Se presentan informes semestrales al MS reportando la cantidad almacenada y su destino final? <sup>14</sup>		
231	<b>Observaciones de la inspección procedimental:</b>		

<b>J. ADENDA NO VINCULANTE</b>			
232	<p>¿Los medidores de niveles y espesores cuentan con una certificación que respalde el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma internacional ISO 7205*?³</p> <p><i>*La Norma ISO 7205:198 define los requisitos de diseño de los medidores nucleares.</i></p>		
233	<p>De la siguiente lista de datos que debe incluir el registro de los mantenimientos realizados a los equipos, indique los que se incluyen.³</p> <p><input type="checkbox"/> Tipo de mantenimiento</p> <p><input type="checkbox"/> Fecha de</p> <p><input type="checkbox"/> Actividades ejecutadas</p> <p><input type="checkbox"/> Nombre y firma del responsable</p>		
234	<p>De las siguientes partes del equipo, indique a cuáles se les realiza una revisión periódica para asegurar las óptimas condiciones operacionales del mismo (según lo recomendado por el fabricante)⁷,¹³</p> <p><input type="checkbox"/> Conexiones</p> <p><input type="checkbox"/> Estado de los cables</p> <p><input type="checkbox"/> Mecanismos de sujeción</p> <p><input type="checkbox"/> Funcionamiento de piezas móviles</p> <p><input type="checkbox"/> Sistemas de seguridad</p> <p><input type="checkbox"/> Estado del etiquetado de los contenedores</p> <p><input type="checkbox"/> Niveles de exposición en el exterior de los contenedores</p>		

235	¿Se realizan pruebas de hermeticidad anuales a las fuentes radiactivas existentes? <sup>3</sup>		
236	¿Se realizan pruebas de hermeticidad después de cada mantenimiento? <sup>2</sup>		
237	¿Existe un registro de todas las pruebas de hermeticidad efectuadas? <sup>2</sup>		
238	¿En caso de haber registrado un escape como resultado de una prueba de hermeticidad, se notificó al MS? <sup>2</sup>		
239	De la siguiente lista de implementos con los que debe contar la instalación para afrontar una emergencia, indique los que posee. <sup>5</sup> <input type="checkbox"/> Sistema contra incendios <input type="checkbox"/> Alumbrado de emergencia <input type="checkbox"/> Ducha y lavado de emergencia <input type="checkbox"/> Productos descontaminantes <input type="checkbox"/> Botiquín de primeros auxilios <input type="checkbox"/> Señales luminosas y acústicas <input type="checkbox"/> Letreros con leyendas <input type="checkbox"/> Equipos de comunicación <input type="checkbox"/> Cronómetro		
240	De la siguiente lista de implementos con los que debe contar la instalación para la protección radiológica de los trabajadores, indique los que posee. <sup>5</sup> <input type="checkbox"/> Blindajes adicionales <input type="checkbox"/> Medidores de radiación portátiles <input type="checkbox"/> Conos o triángulos de seguridad <input type="checkbox"/> Dosímetros adicionales <input type="checkbox"/> Cintas de seguridad <input type="checkbox"/> Señales de radiación ionizante <input type="checkbox"/> Contenedores de rescate <input type="checkbox"/> Instrumentos para manipular fuentes		
241	De la siguiente lista de dispositivos auxiliares con los que deben contar los medidores de niveles y espesores portátiles o móviles, indique los que posee. <sup>5</sup> <input type="checkbox"/> Blindajes adicionales <input type="checkbox"/> Barreras físicas de limitación <input type="checkbox"/> Cuerdas <input type="checkbox"/> Contenedor auxiliar <input type="checkbox"/> Instrumentos para manipular fuentes <input type="checkbox"/> Avisos y señales <input type="checkbox"/> Equipo dosimétrico para la vigilancia radiológica de la zona		
242	¿Antes del uso o la manipulación de un medidor de nivel y espesor se realiza una inspección visual del mismo, prestando especial atención al etiquetado, al estado general y al funcionamiento seguro del mismo? <sup>3</sup>		

243	<p>De las siguientes verificaciones que debe realizar el operador cada vez que manipula un medidor de nivel y espesor, indique las que se realizan:<sup>13</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Lecturas irregulares</p> <p><input type="checkbox"/> Presencia de mensaje de error</p> <p><input type="checkbox"/> Mal funcionamiento</p> <p><input type="checkbox"/> Se apaga después de haberse encendido</p> <p><input type="checkbox"/> Datos sin significado</p> <p><input type="checkbox"/> Finalización de la vida útil de las baterías</p>		
244	¿La cerca perimetral tiene una puerta con cerradura (candado o llave) que impida el acceso de personas no autorizadas? <sup>3</sup>		
245	<p>¿Las fuentes dentro de los locales de almacenamiento están colocadas dentro de sus correspondientes contenedores?<sup>3</sup></p> <p><i>Si la respuesta es negativa, continuar la pregunta 249.</i></p>		
246	¿Los contenedores están dentro de nichos? <sup>3</sup>		
247	¿Los nichos cuentan con una tapa de concreto o acero que contenga un candado? <sup>3</sup>		
248	¿La tapa de los nichos está señalizada en su parte exterior con el símbolo internacional de radiaciones ionizantes de manera perdurable? <sup>3</sup>		
<b>K. CONCLUSIONES DE LA INSPECCION</b>			
249	<p><input type="radio"/> No se presentan incumplimientos</p> <p><input type="radio"/> Se ha constatado algún incumplimiento</p> <p><input type="radio"/> Seguimiento de algún incumplimiento</p> <p><i>(Detallar en observaciones)</i></p>		
250	<b>Observaciones:</b>		

251	<p><b>Hora de finalización:</b></p> <p><b>Funcionarios que realizan la inspección:</b></p> <p>Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____</p> <p>Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____</p> <p>Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____</p> <p>Nombre: _____ Cédula: _____ Firma: _____</p> <p><b>Encargado de la instalación (acompañamiento en la inspección):</b></p> <p>Nombre: _____</p> <p>Cédula: _____</p> <p>Firma: _____</p>

## REFERENCIAS DEL FORMULARIO DE MEDIDORES DE NIVELES Y ESPESORES

1. Decreto Ejecutivo 24037 de 1995. Por el cual se dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. San José, Costa Rica. 8 de marzo de 1995. D.O. No. 40120
2. Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010). Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1526\\_s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1526_s_web.pdf)
3. Consejo de Seguridad Nuclear. (2012). *Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares*. Madrid, España. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/46/071/46071736.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/071/46071736.pdf)
4. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998). Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica: Guía de seguridad 7.3.

- Madrid, España. [https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset\\_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696](https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696)
5. Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2011). *Guía para autorización e inspección: Medidores Nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
  6. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1999). Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources [Planes de evaluación de seguridad para la autorización e inspección de fuentes de radiación]: TECDOC-1113. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1113\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1113_prn.pdf)
  7. Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala. (2011). Guía para autorización e inspección de medidores nucleares. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
  8. Consejo de Seguridad Nacional (CSN). (2001). *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*. Madrid, España. [http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)
  9. Dirección General de Protección Civil y Emergencias, Ministerio del Interior. (2003). Guía para la realización de Inspecciones Técnicas Administrativas. Madrid, España. [de:http://www.proteccioncivil.es/documents/20486/156778/Gu%C3%ADa+para+la+realizaci%C3%B3n+de+inspecciones+t%C3%A9cnicas+administrativas.pdf/7ea35f73-ec75-4ffc-87a0-2bb03c71ee2f](http://www.proteccioncivil.es/documents/20486/156778/Gu%C3%ADa+para+la+realizaci%C3%B3n+de+inspecciones+t%C3%A9cnicas+administrativas.pdf/7ea35f73-ec75-4ffc-87a0-2bb03c71ee2f)
  10. Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f). *Guía para el manual de procedimientos con densímetros nucleares*. [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimientos\\_densímetros\\_nucleares.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimientos_densímetros_nucleares.pdf)
  11. Consejo de Seguridad Nuclear. (1996). *Manual práctico de seguridad radiológica; Manual sobre medidores nucleares*. Madrid. España. <https://www.csn.es/documents/10182/1012054/ODM-0103+Manual+pr%C3%A1ctico+de+seguridad+radiol%C3%B3gica+medidores+nucleares>
  12. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009). Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s_web.pdf)

13. Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). (2011). Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares. <https://es.slideshare.net/eduardosalinas3532/protocolodensimetronuclear>
14. Ley N°8839 de 2010. Por la cual se regula la Gestión Integral de Residuos. San José, Costa Rica. 25 de marzo de 2010. D.O. No. 15897

### 10.3 Formulario de inspección para gammagrafía industrial

FORMULARIO DE INSPECCIÓN PARA GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL			
			N° de Inspección: _____
A. INFORMACIÓN RELATIVA A LA INSPECCIÓN			
1	Fecha de la inspección actual:	2	Hora inicio:
3	Fecha de la inspección anterior:		
4	Tipo de inspección:  <input type="radio"/> Iniciales o preliminares Investigación (aplica para denuncias, órdenes sanitarias y evaluación de aspectos específicos del programa de protección radiológica) <input type="radio"/> Seguimiento y control <input type="radio"/> Cierre o clausura	5	Inspectores responsables:  Inspector 1 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 2 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 3 Nombre: _____ Firma: _____  Inspector 4 Nombre: _____ Firma: _____
6	Encargado del establecimiento (acompañamiento en la instalación): Nombre: _____ Cédula: _____ Puesto: _____ Firma: _____		
7	Autorización para realizar fotos y videos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No  <i>En caso de respuesta negativa detallar en observaciones</i>  Nombre del funcionario que autoriza: _____ Cédula: _____ Firma: _____	8	<b>Observaciones:</b>

<b>B. DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN</b>							
9	Nombre comercial de la instalación:						
10	Nombre o razón social de la instalación:						
11	Número de cédula física o jurídica:			12	N° de teléfono:		
13	Representante legal:			14	Correo electrónico:		
15	Encargado de protección radiológica:			16	Correo electrónico:		
<b>C. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>							
17	Dirección regional:			18	Área Rectora de Salud:		
19	Provincia:	20	Cantón:	21	Distrito:		
22	Dirección exacta de la instalación (calle, avenida, otras señas):						
<b>D. AUTORIZACIONES</b>							
23	¿Tiene Permiso Sanitario de Funcionamiento/Certificado de Habilitación de funcionamiento (PSF/CHF) o Certificado Veterinario de Operación (CVO)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No N° de permiso o certificado: _____						
24	Datos de vigencia y código CIU:			25	Fecha de renovación:		
26	¿Tiene autorización de operación vigente para los emisores de radiaciones ionizantes? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No Resolución: _____						
27	¿Tiene Orden Sanitaria pendiente (para los emisores de radiaciones ionizantes)? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No N° Orden Sanitaria: _____ Fecha vencimiento: _____						
<b>E. CARACTERIZACIÓN DE LOS EMISORES DE RADIACIONES IONIZANTES (INVENTARIO)</b>							
<b>I. FUENTES RADIATIVAS</b>							
28	Radioisótopo	Fabricante o marca	N° Serie	Modelo	Actividad (Bq)	Fecha de la actividad	Condición (En uso o desuso)


**II. EQUIPOS DE CONTIENEN LAS FUENTES RADIOACTIVAS**

29	Fabricante o Marca	Modelo	N° Serie	Clasificación (Marque con X)			Capacidad máxima	N° de serie de la fuente que contiene	Modelo de la fuente que contiene
				Clase P	Clase M	Clase F			

**F. LISTA DEL PERSONAL DE LA INSTALACIÓN (VINCULADO CON LOS EMISORES DE RADIACIÓN IONIZANTE)**

30	Nombre completo	Identificación (cédula de identidad, cédula de residencia, DIMEX)	Puesto	Clasificación			¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes vigente?	
				Operador	POE	Otro	Sí	No

**G. DETECTORES DE RADIACIÓN IONIZANTE**

31	Tipo de equipo*	Tipo de detector**	Fabricante o marca	Modelo	N° de Serie	Fecha de última calibración

\*Tipo de equipo: "Monitor de área portátil", "Monitor de área fijo", "Monitor de contaminación", "Calibrador de dosis", etc

\*\*Tipo de detector: "Geiger-Müller", "Cámara de ionización", "Contador proporcional", "Estado sólido", "Centelleo", etc.

32	<b>Observaciones:</b>
----	-----------------------

**H. INSPECCIÓN DOCUMENTAL**

**I. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN EXPLOTADORA**

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
33	¿Se tiene documentado en un mismo expediente los requisitos que debe cumplir una persona para realizar sus funciones con respecto a la protección radiológica (EPR y operadores)? <sup>1</sup>		
34	¿Se tiene documentado las responsabilidades de cada trabajador según sus funciones en materia de protección radiológica? <sup>1,2</sup>		
35	¿Todo el POE operador de equipos de gammagrafía cuenta con licencia de operador vigente brindada por el MS? <sup>2</sup>		
36	¿Es suficiente el personal para que las actividades que involucren radiación realicen sus tareas con seguridad? Como mínimo se debe incluir: un supervisor, cantidad de operadores acorde con los equipos en funcionamiento, y un encargado de protección radiológica. <sup>2</sup>		
37	¿Todo el POE que labora en la instalación explotadora tiene una edad igual o mayor a 18 años? <sup>3</sup>		
38	¿Existe un manual de procedimientos en la instalación explotadora? <sup>1,3</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 44</i>		
39	¿El manual de procedimientos es accesible para cualquier trabajador y para el MS? <sup>1</sup>		
40	De los siguientes apartados que debe contener el manual de procedimientos, indique cuáles se incluyen: <sup>3</sup>  <input type="checkbox"/> Operación <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Protección radiológica <input type="checkbox"/> Emergencias <input type="checkbox"/> Gestión de residuos radiactivos		

41	¿La instalación explotadora incluye en el manual de procedimientos un apartado donde se detalle el procedimiento a seguir para llevar a cabo los trabajos de gammagrafía industrial (operación <i>in situ</i> y cambio de la fuente)? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con pregunta 43</i>		
42	¿La parte administrativa de la instalación explotadora tiene constancia de que todo el personal leyó y comprende el procedimiento a seguir para la operación del equipo en trabajos <i>in situ</i> y el cambio de la fuente? <sup>1</sup>		
43	¿En las zonas de trabajo se cuenta con ejemplares adicionales o de fácil acceso del manual de procedimientos? <sup>1</sup>		
<b>II. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
44	¿La instalación explotadora cuenta con EPR? <sup>2</sup>		
45	¿Tiene el EPR la Autorización de la Autoridad Reguladora para desempeñarse en esta función? <sup>2,3</sup>		
46	¿Todos los operadores de equipos de gammagrafía industrial cuentan con capacitación para el buen y seguro desempeño de sus labores? <sup>2</sup>		
47	¿Todo el personal ayudante de gammagrafía industrial cuenta con capacitación para realizar las actividades que le competen? <sup>2</sup>		
48	¿El establecimiento está a cargo de la formación de los operadores? <sup>2</sup>		
49	¿El establecimiento está a cargo de la formación de los ayudantes? <sup>2</sup>		
50	¿Todo el personal recibe cursos de actualización en temas de protección y seguridad radiológica? <sup>1,2</sup>  <i>En caso de respuesta afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i> <input type="text"/>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 52</i>		
51	¿Se tiene un registro de todos los cursos de actualización en protección y seguridad radiológica con sus respectivas fechas de realización? <sup>1,2</sup>		
52	¿Se imparten cursos prácticos personales de actualización en protección y seguridad radiológica? <sup>1,2</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 54</i>		
53	¿Los cursos de actualización en temas de protección y seguridad radiológica, se realizan en un periodo máximo de cada 2 años*? <sup>3</sup>  <small>*Tiempo establecido en el Reglamento sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes N° 24037- S<sup>3</sup></small>		

54	<p>¿Se realizan cursos de actualización al personal para el manejo de los equipos de gammagrafía?<sup>1,2</sup></p> <p><i>En caso de respuesta afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <input type="text"/> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 56</i></p>		
55	¿Existe un registro de los cursos de actualización impartidos al personal para el manejo de los equipos de gammagrafía? <sup>1</sup>		
<b>III. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS EQUIPOS</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
56	¿La instalación explotadora posee un inventario actualizado del o los equipos de gammagrafía industrial? <sup>1</sup>		
57	¿La cantidad de equipos de gammagrafía es la misma que la reportada cuando se otorgó la autorización de operación del MS? <sup>1</sup>		
58	<p>De los siguientes datos que se deben de incluir en el inventario de los equipos de gammagrafía industrial:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Modelo                      <input type="checkbox"/> Número de serie      <input type="checkbox"/> Fecha de fabricación</p> <p><input type="checkbox"/> Nombre del fabricante</p>		
59	<p>¿La instalación explotadora posee algún equipo de gammagrafía con un sistema de exposición estilo “soplete” ?<sup>1</sup></p> <p><i>*Según el OIEA el uso de este tipo de equipo no está justificado porque la cantidad de radiación que reciben el POE es muy alta.*</i></p>		
60	¿El número de serie de los equipos de gammagrafía es el mismo que el reportado al MS? <sup>1</sup>		
61	¿Los equipos de gammagrafía son utilizados para realizar las actividades reportadas al MS? <sup>4</sup>		
62	<p>¿Existe un inventario actualizado de las fuentes radiactivas que posee la instalación explotadora?<sup>1</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 64</i></p>		
63	<p>De los siguientes datos que se deben incluir en el inventario de fuentes radiactivas, indique cuáles se incluyen:<sup>4</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Radionucleido                      <input type="checkbox"/> Actividad expresada en Bq (Ci)</p> <p><input type="checkbox"/> Fuente gamma                      <input type="checkbox"/> Fecha de referencia de la actividad inicial</p> <p><input type="checkbox"/> Número de serie                      <input type="checkbox"/> Forma física</p>		
64	¿La cantidad de fuentes radiactivas es la misma que las autorizadas por el MS? <sup>1</sup>		

65	¿El número de serie de las fuentes radiactivas es la misma que las reportadas al MS? <sup>1</sup>			
66	¿Las fuentes radiactivas son utilizadas para realizar las actividades que fueron reportadas al MS? <sup>1</sup>			
67	¿Todas las fuentes presentan una certificación de actividad y hermeticidad emitida por el fabricante? <sup>2</sup>			
68	¿Las fuentes radiactivas en uso se utilizan dentro del periodo de tiempo recomendado por el fabricante? <sup>1</sup>			
69	¿Las especificaciones de los monitores de radiación son las indicadas para detectar radiación gamma? <sup>1</sup>			
<b>IV. OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>				
• <b>MANTENIMIENTO Y CONTROL DEL CALIDAD</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
70	¿Los equipos cuentan con un certificado de control de calidad emitido por el fabricante? <sup>2</sup>			
71	¿Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo del equipo? <sup>1,2</sup>  <i>Si la respuesta es positiva, indicar a continuación la frecuencia con que se realiza:</i> <input type="text"/>			
72	¿Se cuenta con una lista de técnicos o ingenieros responsables de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de gammagrafía? <sup>1,2</sup>			
73	¿Las personas o entidades encargadas de las actividades de mantenimiento del equipo son calificadas y autorizadas por el MS? <sup>1,2</sup>			
Si el responsable del mantenimiento es empleado directo del establecimiento:  <i>En caso de no ser empleado directo, puede continuar con la pregunta 76</i>	74	¿Se encuentra incluido en el programa de protección radiológica ocupacional? <sup>5</sup>		
	75	¿Posee licencia de operador de radiaciones ionizantes? <sup>5</sup>		
Si el responsable del mantenimiento es una empresa contratada:  <i>En caso de no ser empresa contratada, puede continuar con la pregunta 78</i>	76	¿Existe fotocopia del contrato de mantenimiento? <sup>5</sup>		
	77	¿Se cuenta con certificaciones que respalden el buen estado del equipo? <sup>1</sup>		
78	¿Existe un registro o bitácora donde se anotan todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo efectuadas a los equipos? <sup>1</sup>			
79	¿Se ha realizado intercambio de la fuente radiactiva en alguna ocasión? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 82</i>			

80	<p>¿Existe un registro del procedimiento a seguir cuando se hizo el intercambio de la fuente radiactiva?<sup>1</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 82</i></p>		
81	<p>De las siguientes tareas que se deben de realizar como pasos previos los operadores antes del intercambio de la fuente radiactiva, indique cuáles se registran que fueron efectuadas:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> No hay obstáculos en los tubos guías o de transferencia</p> <p><input type="checkbox"/> Asegurarse que los conjuntos de cierres funcionan correctamente</p> <p><input type="checkbox"/> El tubo guía y las conexiones del tubo de transferencia son seguros</p> <p><input type="checkbox"/> Comprobaciones de ausencia de contaminación superficial de la fuente</p>		
82	<p>¿Existe un registro donde se anotan todas las revisiones y pruebas de calidad efectuadas a los equipos?<sup>1</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 84</i></p>		
83	<p>De los siguientes datos que debe de incluir el registro de revisiones y pruebas de calidad del o los equipos, indique cuáles se incluyen:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Responsable</p> <p><input type="checkbox"/> Fecha de ejecución</p> <p><input type="checkbox"/> Detalle de las revisiones y pruebas de calidad realizadas</p>		
84	<p>¿Existe un certificado que respalde la realización de procedimientos de calibración y verificación de los medidores de radiación según las recomendaciones del fabricante?<sup>1,2</sup></p> <p><i>En caso de respuesta afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <p><input type="text"/></p>		
85	<p>¿Las verificaciones del buen funcionamiento y pruebas de calidad realizadas, coinciden con las descritas en el manual de procedimientos?<sup>3</sup></p>		
86	<p>¿A los detectores de radiación y se les realiza procedimientos de calibración periódicamente (según lo recomendado por el fabricante)?<sup>1,2</sup></p> <p><i>En caso de respuesta afirmativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <p><input type="text"/></p>		
87	<p>¿Se verifica diariamente el nivel de carga de la batería, el estado físico y la puesta en cero de la escala de los detectores de radiación?<sup>2</sup></p>		
88	<p>¿Se realiza asistencia técnica al contenedor de exposición?<sup>2</sup></p>		

89	Las fuentes radiactivas de los equipos de gammagrafía en uso ¿poseen un certificado que respalde la realización de pruebas de hermeticidad por parte de una entidad autorizada? <sup>2</sup>  <i>En caso de respuesta afirmativa, indicar el motivo:</i> <input type="checkbox"/> Procedimiento de rutina <input type="checkbox"/> Por incidente el cuál puso riesgo la hermeticidad del equipo		
90	La instalación explotadora posee dosímetros de lectura directa o electrónicos para realizar los trabajos <i>in situ</i> . <sup>1,2</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 93</i>		
91	¿Se calibran y verifican los dosímetros de lectura directa o electrónicos periódicamente según lo recomiende el fabricante y el laboratorio de calibración? <sup>1,2</sup>		
92	¿La calibración de los dosímetros de lectura directa es realizada por un laboratorio autorizado? <sup>1,2</sup>		
93	¿Se realiza mantenimiento periódicamente a los equipos de emergencia? <sup>1</sup>		
<b>• OPERACIÓN IN SITU</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
94	Previo al inicio de labores radiográficos ¿la instalación explotadora le entrega al cliente la normativa local y los planes de emergencia con suficiente antelación? <sup>1</sup>		
<b>V. VIGILANCIA RADIOLÓGICA</b>			
<b>• VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
95	¿Todo el POE tiene a disposición un dosímetro personal TLD o de película para detectar radiación gamma? <sup>1,2</sup>		
96	¿Se determina la dosis externa recibida en los trabajadores periódicamente una vez al mes*? <sup>2</sup>  <i>*Periodo recomendado por el CSN<sup>2</sup></i>		
97	¿El servicio de dosimetría es efectuado por un prestatario de servicios autorizado por el MS? <sup>1,2</sup>		
98	¿Se informa al POE mensualmente los resultados de la medición de dosis externa recibida? <sup>1,2,6</sup>		
99	¿Se mantiene un registro de los resultados de dosimetría individual de todos los trabajadores? <sup>1,2,6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 107</i>		
100	¿El registro de la dosimetría individual de cada trabajador se encuentra actualizado? <sup>1,2</sup>		

101	¿El registro de la dosimetría individual se incluye en un expediente médico? <sup>1</sup>		
102	¿El registro dosimétrico está disponible en todo momento para el trabajador, el médico encargado de la vigilancia de la salud y el MS? <sup>1</sup>		
103	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva promedio anual*? <sup>3,6</sup>  <i>* Para el CSN y el reglamento vigente N° 24037-S la dosis efectiva promedio en un año en un período de 5 años consecutivos es de 20 mSv <sup>3,6</sup></i>		
104	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis efectiva en 5 años consecutivos*? <sup>3,6</sup>  <i>*Para el CSN y el reglamento vigente N°24037-S la dosis efectiva en un año es de 50mSv, siempre que no sobrepase 100 mSv en 5 años consecutivos <sup>3,6</sup></i>		
105	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente en piel y extremidades anualmente*? <sup>3,6</sup>  <i>* Para el CSN y el reglamento vigente N°24037-S la dosis equivalente en un año en la piel y extremidades es de 500 mSv <sup>3,6</sup></i>		
106	¿Todo el POE se encuentra dentro de los valores permitidos de dosis equivalente en el cristalino anualmente*? <sup>3,6</sup>  <i>* Para el CSN y el reglamento vigente N°24037-S la dosis equivalente en un año en cristalino es de 150 mSv <sup>3,6</sup>. El OIEA establece que el límite de dosis equivalente en cristalino es de 20 mSv promediada sobre períodos definidos de cinco años, sin que la dosis supere en ningún año los 50 mSv. <sup>7</sup></i>		
107	¿En caso de trabajadoras embarazadas, dentro de los procedimientos éstas se apartan de labores que impliquen exposición a radiaciones ionizantes durante el período de embarazo? <sup>6</sup>  <i>Si no hay registro de trabajadoras embarazadas, continuar con la siguiente pregunta.</i>		
En el caso de que algún trabajador supere los límites de dosis establecidos:  <i>Si no se presentan dichos casos, continuar con la pregunta 111</i>	108	¿Se llevó a cabo una investigación para identificar la causa de la sobreexposición? <sup>1,6</sup>  <i>Si la respuesta es negativa, continuar con la pregunta 111</i>	
	109	¿Se elaboró un informe de la investigación realizada que permita realizar mejoras al plan de protección radiológica? <sup>1,6</sup>	
	110	¿Se rotó a otra área donde no hubo exposición a la radiación, mientras se realizaba la investigación? <sup>1,6</sup>	
111	En caso de algún incidente o procedimiento de emergencia reportado ¿existe un registro de la dosis recibida durante el mismo? <sup>1,6</sup>		

112	¿La instalación explotadora mantiene de manera confidencial los registros dosimétricos del trabajador y de aquellos que ya no forman parte de la industria? <sup>1</sup>		
113	¿La instalación explotadora conserva los registros dosimétricos de aquellos trabajadores que abandonaron o cambiaron de empleo y no siguieron laborando con radiación ionizante? <sup>1*</sup>  <i>* El OIEA recomienda conservar los registros dosimétricos hasta que el trabajador tenga 75 años o dejó de laborar con radiación ionizante en un periodo mínimo de 30 años.<sup>1</sup></i>		
114	En el caso de que un trabajador cambiara de empleo a otro que de igual manera utilice radiación ionizante, ¿la instalación explotadora entregó al trabajador y al nuevo empleador el registro dosimétrico? <sup>1</sup>		
115	Antes de que cada trabajador iniciara su labor ¿se llevaron a cabo pruebas de vigilancia de la salud física y psicológica? Para evaluar el grado de aptitud que posee el empleado para laborar con radiación ionizante. <sup>1</sup>		
116	¿Se hacen valoraciones periódicas (el CSN recomienda cada 12 meses <sup>8</sup> ) de salud para asegurar el bienestar del trabajador? <sup>1,2</sup>  <i>Si se hace en otro periodo indicarlo:</i> <input type="text"/>		
117	¿El explotador posee y actualiza el expediente radiológico para cada trabajador? <sup>1,6</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 119</i>		
118	De los siguientes datos que debe contener el expediente clínico dosimétrico de cada trabajador, cuáles se incluyen: <sup>6</sup>  <input type="checkbox"/> Información dosimétrica previa <input type="checkbox"/> Datos personales del trabajador <input type="checkbox"/> Información dosimétrica actualizada <input type="checkbox"/> Datos de formación en protección radiológica <input type="checkbox"/> Nombre, dirección, fecha y número de registro de la entidad explotadora <input type="checkbox"/> Condición médica <input type="checkbox"/> Dosis equivalente efectiva <input type="checkbox"/> Fecha de la última evaluación médica		
<b>• VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN LOS TRABAJOS <i>IN SITU</i></b>			
119	¿Se tiene un programa de monitoreo para los trabajos de gammagrafía <i>in situ</i> ? <sup>1,3</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 121</i>		
120	De los siguientes datos que se deben de incluir en el registro de monitoreo de radiación <i>in situ</i> , indique cuáles se incluyen: <sup>1,3</sup>  <input type="checkbox"/> Lugar de monitoreo <input type="checkbox"/> Fecha de monitoreo <input type="checkbox"/> Niveles de referencia <input type="checkbox"/> Resultados de monitoreo		

121	¿Existe un programa de monitoreo <i>in situ</i> previo a los trabajos de radiografía industrial? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 123</i>		
122	De las siguientes mediciones que se deben de incluir en el programa de monitoreo previo a los trabajos radiográficos <i>in situ</i> , indique cuáles se registran: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Aledaño a los lugares de almacenamiento <input type="checkbox"/> Posición del operador en el momento que sale y se retrae la fuente <input type="checkbox"/> Alrededor del equipo después de cada exposición para comprobar que se haya guardado la fuente <input type="checkbox"/> Alrededor de los límites de la zona controlada durante las exposiciones para verificar una tasa de dosis inferior a 20 µSv/h (valor recomendado por el OIEA)		
123	¿Existe un programa de monitoreo <i>in situ</i> posterior a los trabajos de radiografía industrial? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 126</i>		
124	De las siguientes mediciones que se deben de incluir en el programa de monitoreo posterior a los trabajos radiográficos <i>in situ</i> , indique cuáles se registran: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Alrededor del vehículo de transporte previo a la salida del lugar de trabajo <input type="checkbox"/> En la zona de trabajo una vez finalizado el trabajo de gammagrafía para evitar la pérdida de fuentes		
125	¿El registro del programa de monitoreo se encuentra actualizado? <sup>1</sup>		
126	¿Se utilizan dosímetros de lectura directa o electrónicos para la detección de radiación gamma? <sup>1</sup>		
<b>VI. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>			
• <b>EN LAS INSTALACIONES FÍSICAS</b>			
127	¿La instalación de almacenamiento de los equipos de gammagrafía está autorizada por el MS? <sup>1</sup>		
128	¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento de los equipos? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta afirmativa, anotar a continuación la frecuencia con que se realiza:</i> <input type="text"/>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 130</i>		
129	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento del equipo? <sup>1</sup>		
130	¿Se realiza un inventario periódico de fuentes móviles para asegurar de que permanecen en los lugares asignados y seguras? <sup>1</sup>  <i>En caso afirmativo, indicar la frecuencia a continuación:</i> <input type="text"/>		

131	¿Se conserva un libro de control donde firma cada persona que ingresa y se retira del lugar? <sup>8</sup>		
• <b>EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN</b>			
132	¿Se realizan mediciones de la tasa de dosis en la instalación de almacenamiento <i>in situ</i> de los equipos? <sup>1</sup>  <i>En caso afirmativo, indicar la frecuencia a continuación:</i> <input type="text"/>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 134</i>		
133	¿Existe un registro de las mediciones de la tasa de dosis en la zona de almacenamiento <i>in situ</i> de los equipos? <sup>1</sup>		
134	En caso de que las actividades laborales duren más de un día ¿la instalación explotadora se asegura que el cliente posea un sitio de almacenamiento para los equipos y fuentes radiactivas que cumplan con las condiciones adecuadas? <sup>1</sup>		
135	¿Se realiza un inventario periódico de fuentes móviles para asegurar de que permanecen en los lugares asignados y seguras? <sup>1</sup>  <i>En caso afirmativo, indicar la frecuencia a continuación:</i> <input type="text"/>		
<b>VII. PLANES DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA</b>			
136	¿La instalación cuenta con un plan en caso de emergencias contemplado en el manual de procedimientos? <sup>1,2</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 152</i>		
137	¿El plan de emergencias incluye una descripción de los incidentes más comunes en la gammagrafía industrial? <sup>1</sup>		
138	De los siguientes incidentes que deben de incluirse en el plan de emergencia, indique de cuáles se describen las acciones de actuación: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Daños en el colimador <input type="checkbox"/> Desaparición de una fuente <input type="checkbox"/> Incendio, terremoto y otros accidentes naturales <input type="checkbox"/> El equipo queda atascado con la fuente expuesta en una tubería <input type="checkbox"/> Desconexión de la fuente de su cable impulsor quedando en el tubo guía <input type="checkbox"/> Se atasca una fuente en el colimador, tubo guía o en la entrada del equipo <input type="checkbox"/> Presencia de personas ajenas en la zona controlada durante la exposición		
139	De los siguientes lugares que se deben de considerar en el plan de emergencia, indique en cuáles se detalla el accionar en caso de que ocurra algún incidente: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Instalaciones de almacenamiento <input type="checkbox"/> Durante el transporte dentro de la instalación <input type="checkbox"/> Sitios de operación <input type="checkbox"/> Durante el transporte fuera de la instalación		

140	De las siguientes etapas que deben de incluirse en los procedimientos de actuación en cada emergencia descrita en el plan, indique cuáles se incluyen: <sup>1</sup>		
	<input type="checkbox"/> Etapa 1: Contención de la situación (inicio)		
	<input type="checkbox"/> Etapa 2: Para planear y ensayar la etapa 3 en relación con la recuperación de la fuente		
	<input type="checkbox"/> Etapa 3: Recuperación y control del suceso		
	<input type="checkbox"/> Etapa 4: Posterior a la emergencia para normalizar la situación		
	<input type="checkbox"/> Etapa 5: De notificación para elaborar un informe y cuantificar la dosis		
	<input type="checkbox"/> Etapa 6: Remisión a médicos (en caso de que haya sobreexposición)		
141	¿En la descripción del procedimiento de emergencia se indica quién es el responsable de aplicar cada etapa o acción de actuación? <sup>1</sup>		
142	¿El plan de emergencias contempla un registro de personas responsables y el equipo de respuesta según el incidente con su respectivo contacto? <sup>1</sup>		
143	¿El plan de emergencias detalla información de los recursos disponibles para la respuesta a las emergencias radiológicas? <sup>1</sup>		
144	¿En el plan de emergencias se describen medidas de seguridad y protección en caso de producirse una emergencia? <sup>1</sup>		
145	¿Existen un registro que haga constar que cada trabajador recibió el plan de emergencia? <sup>1</sup>		
146	¿Existe un documento que respalde que los trabajadores conocen y se comprometen a cumplir el programa de emergencias? <sup>1</sup>		
147	¿Se realizan revisiones y actualizaciones al plan de emergencias? <sup>1</sup>		
148	¿Se realizan simulacros de emergencia? <sup>1,2</sup>		
	<i>En caso de respuesta negativa continuar con la pregunta 151</i>		
149	¿Los simulacros de emergencia son realizados mínimo una vez cada año? <sup>9</sup>		
150	¿Se mantiene una bitácora con los resultados de los simulacros realizados? <sup>1</sup>		
151	¿Existe un registro que avale que el personal haya recibido periódicamente capacitaciones en relación con el plan de emergencia? <sup>1</sup>		
En caso de que se haya producido una emergencia:  <i>Si nunca ha ocurrido una emergencia en la instalación, continuar con la pregunta 159</i>	152	¿Se registraron las tasas de dosis de radiación reportadas por el dosímetro de lectura directa? <sup>1</sup>	
	153	¿Se registró el tiempo y distancia de exposición de cada una de las personas que participaron en la ejecución del plan de emergencia? <sup>9</sup>	
	154	¿Se elaboró un informe final de la emergencia? <sup>1,9</sup>	
	<i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 158</i>		

	155	De los siguientes apartados que se deben de incluir en el informe final posterior a la emergencia, indique cuáles se incluyen: <sup>1,9</sup> <input type="checkbox"/> Causas del incidente <input type="checkbox"/> Equipo involucrado <input type="checkbox"/> Descripción del incidente <input type="checkbox"/> Descripción del accionar de los responsables <input type="checkbox"/> Consecuencias del incidente <input type="checkbox"/> Resultados de mediciones de contaminación radiológica <input type="checkbox"/> Aprendizaje obtenido <input type="checkbox"/> Mejoras al plan de respuestas ante emergencia <input type="checkbox"/> Firma del EPR		
	156	¿El informe posterior a la emergencia fue elaborado por el EPR? <sup>1</sup>		
	157	¿Se reportó al MS mediante una copia del informe final de la emergencia? <sup>1,9</sup>		
	158	Si hubo pérdida de una fuente radiactiva ¿se notificó al MS en un plazo de 24 horas? <sup>1,9</sup>  <i>Si no se presentó dicha situación, continuar con la siguiente pregunta.</i>		
159	¿Se realizan evaluaciones periódicas a los planes y equipos de emergencia para actualizar la información? <sup>1</sup>			
<b>VIII. GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO</b>				
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>	
			<b>Sí</b>	<b>No</b>
160	¿Se cuenta con un acuerdo legal donde el fabricante del equipo se compromete a recibir en el país de origen la fuente radiactiva cuando sea considerada residuo radiactivo? <sup>1</sup>			
161	¿Se reporta al Ministerio de Salud cada 6 meses las fuentes en desuso que se encuentran almacenadas en la instalación? <sup>3</sup>			
<b>IX. PREVISIONES EN CASO DE CLAUSURA</b>				
162	¿La instalación cuenta con un plan en caso de clausura por decisión propia o del MS? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 164</i>			
163	¿En el plan en caso de clausura se indica el destino final de los equipos radiactivos? <sup>1</sup>			

164	¿La instalación explotadora posee un respaldo económico que le permita una gestión adecuada de las fuentes radiactivas en caso de clausura por cualquier motivo? <sup>2</sup>		
165	<b>Observaciones de la inspección documental:</b>		
<b>I. INSPECCIÓN PROCEDIMENTAL</b>			
<b>I. FORMACIÓN E INSTRUCCIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Si</b>	<b>No</b>
166	¿Durante el transcurso de la inspección se evidencia que el EPR tiene conocimiento del programa de protección radiológica? <sup>4</sup>		
167	¿Durante el transcurso de la inspección se demuestra que el personal conoce los procedimientos de seguridad y de emergencia? <sup>4</sup>		
<b>II. CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL EQUIPO</b>			
168	¿Las fuentes radiactivas cumplen con las reglas internacionales para el sellado de "forma especial" *? <sup>1</sup>  <i>*Esto significa que se encuentra encapsulada para evitar cualquier fuga de material'</i>		
169	De los siguientes datos informativos que deben de aparecer en el exterior del o los equipos de gammagrafía, indique cuáles se incluyen: <sup>1</sup>		
	<input type="checkbox"/> Máxima actividad autorizada <input type="checkbox"/> Modelo del equipo y número de serie <input type="checkbox"/> Símbolo de radiación ionizante (trébol) <input type="checkbox"/> Radioisótopos compatibles con el equipo <input type="checkbox"/> Palabra RADIATIVO con 10 mm mínimo de alto <input type="checkbox"/> Nombre, dirección, y número de teléfono del dueño del equipo <input type="checkbox"/> Descripción "contiene uranio empobrecido" (cuando sea necesario) <input type="checkbox"/> Una advertencia en español en relación con la peligrosidad del equipo <input type="checkbox"/> Norma internacional o nacional a la cual se ajusta el equipo y accesorios		

170	De los siguientes datos informativos que deben de aparecer en el exterior del o los equipos de gammagrafía con respecto a la fuente radiactiva, indique cuales se incluyen: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Radioisótopo <input type="checkbox"/> Número de serie de la fuente <input type="checkbox"/> Identificación del fabricante <input type="checkbox"/> Actividad y fecha de declaración		
171	¿El etiquetado de los equipos de gammagrafía se realiza con materiales resistentes y no inflamables? <sup>1</sup>		
172	De las siguientes partes accesorias que deben de tener los equipos de gammagrafía, indique con cuáles se cuenta: <sup>1,2</sup> <input type="checkbox"/> Contenedor de exposición <input type="checkbox"/> Comando/Control <input type="checkbox"/> Tubo guía <input type="checkbox"/> Cable control o helicoidal <input type="checkbox"/> Mecanismo de bloqueo <input type="checkbox"/> Blindaje		
173	¿Los contenedores de exposición poseen un sistema de seguridad con cerradura de bloqueo? <sup>2</sup>		
174	¿Los contenedores de exposición albergan fuentes radiactivas con actividades inferiores al límite máximo de actividad para la que fue diseñado? <sup>2</sup>		
175	¿El equipo auxiliar o accesorio (tubos guías, cajas de control y blindajes) son compatibles con el equipo principal? <sup>1</sup>		
176	Según la información del fabricante ¿la longitud de los cables de control va entre 7m y 15m*? <sup>1</sup> *Longitudes recomendadas por el OIEA. <sup>1</sup>		
177	Según la información del fabricante ¿la longitud de los tubos guía van entre los 2m y 6,5m*? <sup>1</sup> *Longitudes recomendadas por el OIEA. <sup>1</sup>		
178	¿Los intercambiadores de fuentes poseen un sistema de seguridad para evitar que la fuente salga de su posición de blindaje por accidente? <sup>1</sup>		
179	¿La instalación explotadora posee equipos y/o colimadores diseñados con uranio empobrecido? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 181</i>		
180	¿Los equipos de gammagrafía y colimadores construidos con uranio empobrecido están debidamente identificados? <sup>1</sup>		
181	¿Los dosímetros de lectura directa o electrónicos poseen alarmas acústicas, luminosas o de vibración cuyo nivel de alarma no debe ser superior a los 5 mSv/h*? <sup>2</sup>  *Valor recomendado por CSN <sup>2</sup>		
<b>II. OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>			
• <b>MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD</b>			
182	¿Todos los equipos se mantienen limpios cuando no está en uso? <sup>1</sup>		
183	¿Una vez finalizada la práctica de gammagrafía se realiza un procedimiento de limpieza del polvo y barro? <sup>1</sup>		

184	¿Al realizar el mantenimiento preventivo del equipo, se observa que el funcionario autorizado emplea dosímetro personal? <sup>1</sup>		
• <b>OPERACIÓN IN SITU</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
185	¿Existen al menos un monitor de radiación portátil por cada fuente radiográfica para la vigilancia en las actividades <i>in situ</i> ? <sup>1</sup>		
186	¿Los equipos de gammagrafía son utilizados únicamente por personal autorizado? <sup>1,2</sup>		
187	¿El personal utiliza siempre su dosímetro a la altura del pecho (en un lugar visible) al operar los equipos de gammagrafía? <sup>1,2</sup>		
188	¿El personal que opera el equipo utiliza dosímetros de lectura directa/dosímetros electrónicos para los trabajos <i>in situ</i> ? <sup>1</sup>  <i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 190</i>		
189	¿La cantidad de dosímetros de lectura directa o electrónicos es acorde a la cantidad de trabajadores expuestos? <sup>1</sup>		
190	¿En la zona de trabajo se cuenta con una copia del Manual de Procedimientos para consulta de los trabajadores en caso de dudas? <sup>1</sup>		
191	¿En los trabajos de radiografía <i>in situ</i> se asigna por lo menos dos operadores por cada fuente radiactiva y uno de ellos es el EPR? <sup>1</sup>		
192	¿La zona de trabajo <i>in situ</i> se cataloga zona controlada? <sup>1</sup>		
193	¿La zona controlada <i>in situ</i> está bien señalada con la rotulación “Zona Controlada” y el símbolo de radiación internacional (trébol)? <sup>1</sup>		
194	¿Se utiliza algún tipo de blindaje adicional para delimitar la zona controlada en el trabajo <i>in situ</i> ? <sup>1</sup>		
195	¿La delimitación de la zona controlada <i>in situ</i> es claramente visible e iluminada (ej. con cinta)? <sup>1</sup>		
196	En los límites de la zona controlada <i>in situ</i> ¿hay advertencias con el significado de las señales “alerta previa de exposición” y de “alerta de exposición” en español? <sup>1</sup>		
197	La cantidad de personas que se encuentra en la zona controlada <i>in situ</i> ¿es la estrictamente necesaria para realizar las tareas? <sup>1</sup>		
198	Los operadores, antes de iniciar las labores de gammagrafía se aseguran que, ¿en la zona controlada <i>in situ</i> no haya personas ajenas al trabajo? <sup>1</sup>		
199	Si en el trabajo <i>in situ</i> se realiza en un edificio de varios pisos ¿se impide el acceso de los pisos superior e inferior de la zona controlada? <sup>1</sup>		
200	¿Se hace patrullajes periódicos en los límites de las zonas controladas? <sup>2</sup> Para asegurar que de no ingresen personas ajenas a la labor (más de una persona debe hacerlo si la delimitación es grande). <sup>2</sup>		
201	¿Se realizan inspecciones de funcionamiento y físicas rutinarias al equipo, en el depósito, antes de ser trasladado al área de operación? <sup>1</sup>		

	<i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 203</i>		
202	<p>De las siguientes inspecciones de funcionamiento y físicas rutinarias que se deben hacer al equipo, indique cuáles realiza el personal a cargo:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Funcionamiento de piezas móviles</p> <p><input type="checkbox"/> Los niveles de radiación son normales</p> <p><input type="checkbox"/> Funcionamiento del sistema de enclavamiento</p> <p><input type="checkbox"/> Buen funcionamiento del mecanismo de cierre</p> <p><input type="checkbox"/> Conexión y buen estado del tubo guía o transferencia</p> <p><input type="checkbox"/> Ajuste y buen estado de las piezas móviles (tuercas, tornillos)</p> <p><input type="checkbox"/> Medida del desgaste de las puntas de las fuentes con un calibrador límite</p> <p><input type="checkbox"/> Estado de los cables (libres de cortes, deformaciones y ausencia de desgaste)</p> <p><input type="checkbox"/> Ajuste del equipo accesorio</p> <p><input type="checkbox"/> Movilidad del cable impulsor</p>		
203	El momento justo antes de iniciar cada exposición a la radiación ¿existe una señal sonora previa? <sup>1</sup>		
204	¿Mientras la fuente radiactiva esté expuesta hay una señal visible que indique que la exposición está en curso? <sup>1</sup>		
205	¿Las señales audibles y visibles se pueden escuchar y observar desde cualquier punto alrededor de la delimitación de la zona controlada? <sup>1</sup>		
206	Cuando el operador se acerca al equipo de gammagrafía antes de iniciar cada actividad de exposición de la fuente ¿lo hace con un monitor portátil encendido para comprobar que la fuente no haya quedado atascada fuera del blindaje? <sup>1</sup>		
207	¿La fuente se expone durante el periodo deseado en el tubo guía y se retrae cuando se deja de usar sin ninguna complicación? <sup>1</sup>		
208	¿Se utilizan dispositivos de colimación con cada fuente de radiación gamma cuando sea posible? <sup>1</sup>		
209	¿La fuente radiactiva se mantiene dentro del dispositivo blindado cuando no se está utilizando? <sup>1</sup>		
210	Antes de abandonar la zona controlada <i>in situ</i> ¿se hace una inspección visual del equipo para asegurarse de que vaya en buen estado y no se hayan quedado olvidados implementos? <sup>1</sup>		
211	¿La zona aledaña al recinto de almacenamiento se clasifica como zona supervisada? <sup>1</sup>		
212	¿La zona supervisada posee el símbolo internacional de radiaciones ionizantes? <sup>1</sup>		
<b>III. VIGILANCIA RADIOLÓGICA</b>			
• <b>VIGILANCIA DOSIMÉTRICA Y SANITARIA INDIVIDUAL</b>			
<b>Indicaciones</b>			<b>Cumplimiento</b>
			<b>Sí</b> <b>No</b>

213	¿Todo el POE cuenta con su respectivo dosímetro de película o TLD para cuantificar la dosis externa? <sup>1,2,9</sup>		
214	¿Los dosímetros se almacenan en un lugar con llave dentro de la instalación explotadora cuando no están en uso? <sup>9</sup>		
215	Fuera de horario de trabajo, ¿los dosímetros se almacenan en un lugar seco, libre de polvo, sin exposición a la luz o calor? <sup>1,2,9</sup>		
216	Fuera de horario de trabajo, ¿los dosímetros se almacenan en un lugar lejos de fuentes radiactivas? <sup>1,2,9</sup>		
<b>• VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN TRABAJOS IN SITU</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
217	<p>¿Se pone en práctica el programa de monitoreo <i>in situ</i> previo a los trabajos de gammagrafía industrial?<sup>1</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 219</i></p>		
218	<p>De las siguientes mediciones que se deben de incluir en el programa de monitoreo <i>in situ</i> previo al inicio de los trabajos, indique cuáles se realizan:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Aledaño a los lugares de almacenamiento</p> <p><input type="checkbox"/> Posición del operador en el momento que sale y se retrae la fuente</p> <p><input type="checkbox"/> Alrededor del equipo después de cada exposición para comprobar que se haya guardado la fuente</p> <p><input type="checkbox"/> Alrededor de los límites de la zona controlada durante las exposiciones para verificar una tasa de dosis interior a 20 µSv/h</p>		
219	<p>¿Se pone en práctica el programa de monitoreo <i>in situ</i> posterior a los trabajos de gammagrafía industrial?<sup>1</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 221</i></p>		
220	<p>De las siguientes mediciones que se deben de incluir en el programa de monitoreo <i>in situ</i> posterior a los trabajos, indique cuáles se realizan:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Alrededor del vehículo de transporte previo a la salida del lugar de trabajo</p> <p><input type="checkbox"/> En la zona de trabajo una vez finalizado el trabajo de gammagrafía para evitar la pérdida de fuentes</p>		
<b>IV. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>			
<b>• EN LAS INSTALACIONES</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
221	¿La instalación se encuentra blindada con adecuados materiales tales como: plomo, concreto, hierro o materiales con alto contenido de hidrógeno como el polietileno? <sup>3</sup>		
222	¿El lugar donde se almacena el equipo se encuentra señalado como: "Zona Controlada"? <sup>1,2</sup>		

223	¿La zona controlada está claramente delimitada? <sup>1</sup>		
224	¿La instalación de almacenamiento posee un acceso controlado (ej. Puerta con cerradura)? <sup>2</sup>		
225	¿La puerta de acceso a la instalación de almacenamiento se encuentra señalada con el símbolo internacional de radiación ionizante (trébol)? <sup>1</sup>		
226	¿La zona aledaña donde se ubica el recinto de almacenamiento blindado se clasifica como “zona supervisada”? <sup>1,2</sup>		
227	¿La zona supervisada se encuentra identificada con la descripción “zona supervisada” y el símbolo de radiación ionizante? <sup>1</sup>		
228	¿La zona exterior del recinto blindado que no es propiedad del titular de la instalación no supera los 0,5 µSv/h*? <sup>2</sup>  <i>* Este valor es el recomendado por el CSN cuando la zona supervisada no sea propiedad del dueño de la instalación explotadora.<sup>5</sup></i>		
229	¿La instalación de almacenamiento está construida con materiales retardadores de fuego? <sup>1,2</sup>		
230	¿La instalación de almacenamiento está ubicado lejos de zonas de peligro de explosión y corrosión? <sup>1,2</sup>		
231	¿La instalación de almacenamiento está exenta de actividades con riesgo de explosión o incendio? <sup>1,2</sup>		
232	¿En la instalación de almacenamiento se resguardan materiales inflamables o explosivos? <sup>2</sup>		
233	¿En la instalación de almacenamiento hay disponibles medios de extinción de incendios? <sup>2</sup>		
234	La zona aledaña al recinto que es propiedad del titular ¿está señalada como zona supervisada? <sup>2</sup>		
235	De las siguientes condiciones de cumplimiento obligatorio para las instalaciones de almacenamiento, indique con cuáles cumple el lugar donde se ubica el equipo de gammagrafía y los contenedores de fuentes radiactivas: <sup>1</sup>  <input type="checkbox"/> Ausencia de humedad <input type="checkbox"/> Lejos de materiales corrosivos <input type="checkbox"/> Ausencia de polvo		
236	¿En la instalación de almacenamiento existe al menos un monitor de radiación? <sup>1,2</sup>		
237	¿La instalación de almacenamiento posee un adecuado sistema de seguridad física (elementos activos como alarmas, sensores de movimiento, de apertura de puertas y elementos pasivos como barreras físicas como candados o cerradura)? <sup>1,2</sup>		
238	En caso de existencia de colimadores y equipos blindados con uranio empobrecido, ¿son almacenados en sitios blindados, aun cuando no posean una fuente radiactiva? <sup>1</sup>		
239	¿La instalación explotadora ha realizado algún traslado a otro sitio de almacenamiento distinto al supervisado en la inspección anterior? <sup>1</sup>		

	<i>En caso de respuesta negativa, continuar con la pregunta 241</i>		
240	De la siguiente información que se debe de registrar cuando se ha trasladado una fuente radiactiva a otro sitio de almacenamiento, indique cuál se registra: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Fecha y hora del traslado <input type="checkbox"/> Nuevo sitio de almacenamiento <input type="checkbox"/> Nombre del radiografo capacitado que hizo el traslado		
<b>• EN LOS ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO DEL SITIO DE OPERACIÓN</b>			
<b>Indicaciones</b>		<b>Cumplimiento</b>	
		<b>Sí</b>	<b>No</b>
241	¿El lugar donde se almacena el equipo se encuentra señalado como: “Zona Controlada”? <sup>1</sup>		
242	¿La zona controlada está claramente delimitada? <sup>1</sup>		
243	¿La instalación posee leyendas en el exterior que especifiquen el acceso restringido? <sup>1</sup>		
244	¿La puerta de acceso al recinto de almacenamiento <i>in situ</i> tiene el símbolo internacional de radiación ionizante (trébol)? <sup>1</sup>		
245	¿El acceso al sitio de almacenamiento es restringido (puerta con cerradura)? <sup>1</sup>		
246	¿La puerta de la instalación de almacenamiento se mantiene siempre cerrada? <sup>1</sup>		
247	¿En el recinto blindado de almacenamiento <i>in situ</i> la tasa de dosis en el exterior no supera los 0,5 µSv/h*?  <i>*Valor recomendado por el CSN<sup>2</sup></i>		
248	¿La zona aledaña al recinto de almacenamiento de los equipos se clasifica como zona supervisada? <sup>1,2</sup>		
249	¿La zona supervisada está debidamente identificada con la señalización de “zona supervisada”? <sup>1,2</sup>		
250	¿El recinto de almacenamiento <i>in situ</i> está situado lejos de zonas corrosivas y explosivas? <sup>1,2</sup>		
251	¿El recinto de almacenamiento <i>in situ</i> está diseñado con materiales retardantes de fuego? <sup>1,2</sup>		
252	¿En la instalación de almacenamiento <i>in situ</i> se resguardan materiales inflamables o explosivos? <sup>2</sup>		
253	¿En la instalación de almacenamiento <i>in situ</i> hay disponibles medios de extinción de incendios? <sup>2</sup>		
254	¿La instalación de almacenamiento (cuando no cuente con blindaje) está a 5 metros o más de los lugares de trabajo? <sup>3</sup>		
255	De las siguientes condiciones de cumplimiento obligatorio para las instalaciones de almacenamiento <i>in situ</i> , indique con cuáles cumple el lugar donde se ubica el equipo de gammagrafía y los contenedores de fuentes radiactivas: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Ausencia de humedad <input type="checkbox"/> Lejos de materiales corrosivos <input type="checkbox"/> Ausencia de polvo		
<b>V. GESTIÓN DE FUENTES EN DESUSO</b>			

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
256	¿Las instalaciones cuentan con un área diseñada para el almacenamiento temporal de las fuentes en desuso? <sup>4</sup>  <i>En caso de no existir fuentes en desuso, continuar con la siguiente pregunta</i>		
257	¿El área de almacenamiento se encuentra en buen estado de conservación y reúne condiciones seguridad radiológica y física? <sup>4</sup>		
258	¿Se presentan informes semestrales al Ministerio de Salud reportando la cantidad almacenada y su destino final? <sup>10</sup>		
259	<b>Observaciones de la inspección procedimental:</b>		

**J. ADENDA NO VINCULANTE**

Indicaciones		Cumplimiento	
		Sí	No
260	¿Existen registros de todos los cursos prácticos impartidos de protección y seguridad radiológica a los operadores con sus respectivas fechas? <sup>2</sup>		
261	De los siguientes temas que se deben de incluir en los cursos prácticos de actualización en protección y seguridad radiológica, indique cuáles se incluyen: <sup>2,11</sup> <input type="checkbox"/> Manejo del detector Geiger Müller <input type="checkbox"/> Uso del equipo de protección radiológica <input type="checkbox"/> Uso y manejo del equipo de gammagrafía <input type="checkbox"/> Uso de los componentes de seguridad del equipo <input type="checkbox"/> Estimación de dosis para la clasificación de zonas <input type="checkbox"/> Almacenamiento adecuado del equipo de gammagrafía <input type="checkbox"/> Estimación de la atenuación de los materiales de blindaje		

	<input type="checkbox"/> Manejo de los equipos de emergencia y mecanismo de actuación		
262	<p>¿El equipo de gammagrafía de tipo de proyección cuenta con una certificación que respalde el cumplimiento de los requisitos que estipula la norma ISO 3999:2004*?¹*</p> <p><i>*Según el OIEA el cumplimiento de la norma ISO 3999:2004 de los equipos, garantiza que este cumpla con las condiciones mínimas de seguridad.¹</i></p>		
263	<p>¿La instalación explotadora posee algún equipo de gammagrafía que no cumpla con la normativa ISO 3999:2004?¹</p> <p><i>En caso de respuesta negativa, continuar con la siguiente pregunta.</i></p>		
264	¿Existe una certificación de los equipos de gammagrafía que no cumplen con la norma ISO 3999:2004 que respalde la realización de una evaluación de la seguridad y apruebe su utilización?¹		
265	<p>¿Los contenedores de exposición de blindaje del equipo cumplen con los límites de dosis equivalente ambiental?¹²*</p> <p><i>*Consultar valores en la sección dos del anexo, los valores límites establecidos en la ISO 3999:2004</i></p>		
266	<p>¿En las especificaciones de los monitores de radiación portátil se indica que la tasa de medida de dosis oscila en un rango entre 0-10 mSv/h*?²</p> <p><i>*Valores recomendados por el CSN.²</i></p>		
267	<p>¿En las especificaciones de los monitores de radiación la indicación fuera de escala para rangos de tasa de dosis oscila en 10 mSv/h y 1000 mSv/h*?²</p> <p><i>*Valores recomendados por el CSN.²</i></p>		
268	<p>¿La medida de dosis acumulada de los dosímetros de lectura directa o electrónicos es de al menos entre 0,01 mSv a 100 mSv para fotones*?²</p> <p><i>*Valores recomendados por el CSN. ²</i></p>		
269	<p>De los siguientes datos que se deben de incluir en el registro de mantenimiento preventivo y correctivo, indique cuáles se incluyen:¹</p> <p><input type="checkbox"/> Responsable <input type="checkbox"/> Fecha de ejecución</p> <p><input type="checkbox"/> Repuestos adquiridos (si aplica)</p> <p><input type="checkbox"/> Acciones de mantenimiento efectuadas</p>		
270	<p>De las siguientes tareas que se deben de realizar como mantenimiento preventivo en los equipos de gammagrafía, indique cuáles se realizan:¹</p> <p><input type="checkbox"/> Revisión detallada de todas las piezas</p> <p><input type="checkbox"/> Aplicar lubricante cuando sea necesario</p> <p><input type="checkbox"/> Cambio de piezas desgastadas o dañadas</p> <p><input type="checkbox"/> Desarme del telecomando para limpiar el flex</p>		

271	<p>De las siguientes verificaciones que se deben de realizar periódicamente (o las recomendadas por el fabricante), indique de cuáles existe un registro que respalde su realización:<sup>1</sup></p> <p><input type="checkbox"/> Funcionamiento de piezas móviles</p> <p><input type="checkbox"/> Conexiones</p> <p><input type="checkbox"/> Hermeticidad de las fuentes radiactivas</p> <p><input type="checkbox"/> Estado de cables</p> <p><input type="checkbox"/> Estado del etiquetado de los contenedores</p> <p><input type="checkbox"/> Niveles de exposición en el exterior de los contenedores</p> <p><input type="checkbox"/> Control de dispositivos de bloqueo de movimientos de la fuente</p>		
272	<p>¿Las pruebas de hermeticidad de fuentes encapsuladas radiactivas se realizan en un periodo no superior a un año?<sup>2,6</sup></p> <p><i>En caso de respuesta negativa, indicar a continuación la frecuencia:</i></p> <p><input type="text"/></p>		
273	<p>¿Las pruebas de hermeticidad de las fuentes encapsuladas son realizadas por una entidad autorizada por el MS?<sup>2</sup></p>		
274	<p>¿Se realizan anualmente pruebas de detección de fugas en las fuentes selladas con un método aprobado?<sup>2,6</sup></p> <p><i>*Se recomienda la prueba frotis, cuya medición es en el conducto de entrada y salida de la fuente a su posición de anclaje y seguro.<sup>2,6</sup></i></p>		
275	<p>¿Se realizan pruebas de detección de fugas en las fuentes selladas con un método aprobado después de cada mantenimiento correctivo?<sup>2,6</sup></p> <p><i>*Se recomienda la prueba frotis, cuya medición es en el conducto de entrada y salida de la fuente a su posición de anclaje y seguro.<sup>2,6</sup></i></p>		
276	<p>¿Se llevan registros de las pruebas de detección de fugas realizadas junto con el método utilizado?<sup>2</sup></p>		
277	<p>¿En caso de tener registrado un escape como resultado de una prueba de fuga, se notificó al órgano regulador?<sup>2</sup></p> <p><i>Si no se presentó la situación, continuar con la siguiente pregunta.</i></p>		
278	<p>En caso de almacenarse el equipo de gammagrafía industrial por más de 30 días en un lugar temporal, ¿se notificó al MS?<sup>8</sup></p> <p><i>Si no se ha presentado el caso, continuar con la siguiente pregunta</i></p>		
279	<p>¿Los medidores portátiles de radiación cuentan con alarmas audibles, visibles o vibratorias para cuando se detectan elevadas tasas de dosis?<sup>1</sup></p>		

280	¿Los monitores de radiación poseen alarmas audibles suficientemente altas y alertas vibratorias o visibles para cuando detecten tasa de dosis altas? <sup>1,2</sup>		
281	¿Los monitores de radiación son suficientemente resistentes para soportar las condiciones ambientales del sitio de trabajo? <sup>1</sup>		
282	¿La instalación explotadora cuenta con un monitor de radiación blindado para evitar las transmisiones de radiofrecuencia para cuando se realizan labores cerca del equipo generador de radiofrecuencia? <sup>1</sup>		
283	De los siguientes implementos de protección radiológica que debe de tener la instalación explotadora, indique cuáles posee: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Conos o triángulos de seguridad <input type="checkbox"/> Cintas de seguridad <input type="checkbox"/> Medidores de radiación portátiles <input type="checkbox"/> Señales de radiación ionizante <input type="checkbox"/> Blindajes portátiles de radiación gamma <input type="checkbox"/> Instrumentos para manipular fuentes a larga distancia		
284	De los siguientes implementos para la atención de emergencia que debe de tener la instalación explotadora, indique con cuáles posee: <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> Sistema contra incendios <input type="checkbox"/> Manuales del equipo <input type="checkbox"/> Contendor adicional <input type="checkbox"/> Alumbrado de emergencia <input type="checkbox"/> Botiquín de primeros auxilios <input type="checkbox"/> Bolsas de granalla de plomo y plomo laminado adicional <input type="checkbox"/> Equipo de comunicación (celulares, radiotransmisores, radioreceptores) <input type="checkbox"/> Baterías de repuesto para: medidores de radiación, celulares, linterna, dosímetros elect <input type="checkbox"/> Equipo para recuperar la fuente (pinzas de mango largo, destornilladores, cortavarillas, sierra, llaves de tuerca ajustable)		
285	¿En las pruebas de fugas directa sobre la fuente se obtuvo como resultado una medición de 185 Bq o menos*? <sup>13</sup>  *Valores recomendados por el CSN <sup>13</sup>		
286	¿En las pruebas de fugas sobre una superficie equivalente de prueba se obtuvo medición de 18,5 Bq o menos*? <sup>13</sup>  *Valores recomendados por el CSN <sup>13</sup>		
<b>K. CONCLUSIONES DE LA INSPECCIÓN</b>			
287	Indicar las conclusiones de la inspección: <input type="radio"/> No se presentan incumplimientos <input type="radio"/> Se ha constatado algún incumplimiento <input type="radio"/> Seguimiento de algún incumplimiento		

	(Detallar en observaciones)		
288	<b>Observaciones generales:</b>		
289	Hora de finalización: _____  <b>Funcionarios que realizan la inspección:</b>  Nombre:_____ Cédula:_____ Firma:_____ Nombre:_____ Cédula:_____ Firma:_____ Nombre:_____ Cédula:_____ Firma:_____ Nombre:_____ Cédula:_____ Firma:_____  <b>Encargado de la instalación (acompañamiento):</b>  Nombre:_____ Cédula:_____ Firma:_____		

## REFERENCIAS DEL FORMULARIO DE GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

1. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2013). *Seguridad Radiológica en la Radiografía Industrial: Guía de seguridad específica N°SSG-11*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s_web.pdf)
2. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015). *Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial: Guía de Seguridad 5.14*. Madrid, España. :<https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-14%20Revisi%C3%B3n%201%20GS%205-14%20sobre%20Seguridad%20y%20protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica%20de%20las%20instalaciones%20radiactivas%20de%20gammagraf%C3%ADa%20industrial>

3. Decreto Ejecutivo 24037 de 1995. Por el cual se dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. San José, Costa Rica. 8 de marzo de 1995. D.O. No. 40120
4. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010). *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1526\\_s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1526_s_web.pdf)
5. Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.). *Guía para el manual de procedimientos de radiografía industrial (Equipos de radiaciones ionizantes y fuentes radiactivas)*. [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimeinto\\_radiografia\\_industrial.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimeinto_radiografia_industrial.pdf)
6. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2001). *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*. Madrid, España. [http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)
7. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2016). *Protección Radiológica y Seguridad de las fuentes: Normas Básicas Internacionales de Seguridad. N° GSR Part 3*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf)
8. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009). *Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s_web.pdf)
9. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1999). *Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources* [Planes de evaluación de seguridad para la autorización e inspección de fuentes de radiación]: *TECDOC-1113*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1113\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1113_prn.pdf)
10. Ley N°8839 de 2010. Por la cual se regula la Gestión Integral de Residuos. San José, Costa Rica. 25 de marzo de 2010. D.O. No. 15897
11. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998). *Homologación de cursos de formación de supervisores y de operadores de instalaciones radiactivas: Guía de Seguridad 5.12*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-12%20Homologaci%C3%B3n%20de%20cursos%20de%20formaci%C3%B3n%20de%20supervisores%20y%20operadores%20de%20instalaciones%20radiactivas>
12. Organización Internacional de Normalización (ISO) (2004). *Radiation protection - Apparatus for industrial gamma radiography- specifications for performance design and*

test. [Protección radiológica. -Equipos para gammagrafía industrial- Especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas] (Norma 3999).  
<https://www.sis.se/api/document/preview/905634/>

13. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2013). *Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas: Guía de Seguridad 5.3*. Madrid, España.  
<https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-03%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20de%20la%20hermeticidad%20de%20fuentes%20radiactivas%20encapsuladas>

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear. (2004). *Code of practice and safety guide. Portable Density/Moisture Gauges Containing Radioactive Sources (ARPANSA 5)* [Código de prácticas y guía de seguridad. Medidores portátiles de densidad / humedad que contienen fuentes radiactivas]  
<https://www.arpansa.gov.au/sites/default/files/legacy/pubs/rps/rps5.pdf>

Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina. (2010). *Operación de equipos de gammagrafía industrial*.  
[https://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Argentina/AR\\_Operacion\\_equipos\\_gammagrafia\\_industrial.pdf](https://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Argentina/AR_Operacion_equipos_gammagrafia_industrial.pdf)

Centro Español de Metrología (CEM). (2012). *Vocabulario Internacional de Medidas*.  
<https://tupunatron.com/media/DOC-VIM.pdf>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2001). *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*. Madrid, España.  
[http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2013). *Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas: Guía de Seguridad 5.3*. Madrid, España.  
<https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-03%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20de%20la%20hermeticidad%20de%20fuentes%20radiactivas%20encapsuladas>

- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998a). *Homologación de cursos de formación de supervisores y de operadores de instalaciones radiactivas: Guía de Seguridad 5.12*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-12%20Homologaci%C3%B3n%20de%20cursos%20de%20formaci%C3%B3n%20de%20supervisores%20y%20operadores%20de%20instalaciones%20radiactivas>
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998b). *Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica: Guía de seguridad 7.3*. Madrid, España. [https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset\\_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696](https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696)
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2012). *Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares. (15/2012-CITMA)*. Madrid, España. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/46/071/46071736.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/071/46071736.pdf)
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015). *Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial: Guía de Seguridad 5.14*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-14%20Revisi%C3%B3n%201%20GS%205-14%20sobre%20Seguridad%20y%20protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica%20de%20las%20instalaciones%20radiactivas%20de%20gammagraf%C3%ADa%20industrial>
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1996). *Manual práctico de seguridad radiológica; Manual sobre medidores nucleares*. Madrid. España. <https://www.csn.es/documents/10182/1012054/ODM-0103+Manual+pr%C3%A1ctico+de+seguridad+radiol%C3%B3gica+medidores+nucleares>
- Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). (2011). *Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares*. <https://es.slideshare.net/eduardosalinas3532/protocolodensimetronuclear>
- Ley N°8839 de 2010. Por la cual se regula la Gestión Integral de Residuos. San José, Costa Rica. 25 de marzo de 2010. D.O. No. 15897
- Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala. (2011). *Guía para autorización e inspección de medidores nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
- Ministerio de Salud del Gobierno de El Salvador. (2020). *Manual de Procedimientos de la Dirección de Protección Radiológica*.

- <http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/manual/manualprocedimientosadministrativosdireccionproteccionradiologicav3.pdf>
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2011). *Norma Cero: ¿Cómo elaborar un protocolo?*  
[http://intranet.ministeriodesalud.go.cr/manual\\_procedimientos\\_org\\_2010/6procesos\\_de\\_uso\\_general/10norma\\_cero/norma\\_0\\_para\\_elaborar\\_protocolos.pdf](http://intranet.ministeriodesalud.go.cr/manual_procedimientos_org_2010/6procesos_de_uso_general/10norma_cero/norma_0_para_elaborar_protocolos.pdf)
- Organización Internacional de Normalización (ISO) (2004). *Radiation protection -Apparatus for industrial gamma radiography- specifications for performance design and test.* [Protección radiológica. -Equipos para gammagrafía industrial- Especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas] (Norma 3999).  
<https://www.sis.se/api/document/preview/905634/>
- Decreto Ejecutivo 24037 de 1995. Por el cual se dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. San José, Costa Rica. 8 de marzo de 1995. D.O. No. 40120
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2007). *Glosario de Seguridad Tecnológica del Organismo de Energía Atómica.* [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary\\_2007s.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary_2007s.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009). *Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos.* [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2013). *Seguridad Radiológica en la Radiografía Industrial: Guía de seguridad específica N°SSG-11.* [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010a). *Preparación, realización y evaluación de ejercicios de verificación de la preparación en caso de emergencia nuclear o radiológica.* [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_Exercise\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_Exercise_S_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010b). *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva.* [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1526\\_s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1526_s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (1996). *Protección Radiológica en América Latina y el Caribe.* [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/000/28000875.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/000/28000875.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1999). *Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources* [Planes de evaluación de seguridad

- para la autorización e inspección de fuentes de radiación]: *TECDOC-1113*.  
[https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1113\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1113_prn.pdf)
- Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2011). *Guía para autorización e inspección: Medidores Nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
- Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.a). *Guía para el manual de procedimientos de radiografía industrial (Equipos de radiaciones ionizantes y fuentes radiactivas)*.  
[https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimeinto\\_radiografia\\_industrial.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimeinto_radiografia_industrial.pdf)
- Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.b). *Guía para el manual de procedimientos con densímetros nucleares*.  
[https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimientos\\_densímetros\\_nucleares.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimientos_densímetros_nucleares.pdf)
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2016). *Manual de Procedimientos en Operaciones Normales y de Emergencias Radiológicas para un Densímetro Nuclear*. Loja, Ecuador.  
<https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/Manual%20de%20Procedimientos%20de%20Operaci%C3%B3n%20Normal%20y%20de%20Emergencia%20Radiol%C3%B3gicas.PDF>

## ANEXO DEL FORMULARIO DE GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

### **Sección 1. Clasificación de los equipos de gammagrafía**

-Clase P: Este tipo de equipo no puede tener una masa superior a 50 kg. Está diseñado para realizar radiografías portátiles y puede ser transportado por uno o dos individuos.

-Clase M: Este tipo de equipo es diseñado para hacer radiografías móviles, pero no es considerado portátil. Para su traslado se necesita un vehículo de transporte como una carretilla o un carro.

-Clase F: Este equipo es fijo, tiene poca movilidad. Necesita ser instalado en un lugar fijo y blindado.

### **Sección 2. Límites de tasa de dosis equivalente ambiental para los equipos de gammagrafía.**

**Tabla 1**

*Límites de dosis de equivalencia ambiental aceptados para el blindaje del contenedor de exposición de los equipos de gammagrafía.*

Tipo de equipo de gammagrafía	Límites de dosis de equivalencia ambiental		
	Superficie externa del contenedor	50 cm de la superficie externa del contenedor	1 m de la superficie externa del contenedor
<b>Clase P</b>	2 mSv/h	0,5 mSv/h	0,02 mSv/h
<b>Clase M</b>	2 mSv/h	1 mSv/h	0,05 mSv/h
<b>Clase F</b>	2 mSv/h	1 mSv/h	0,1 mSv/h

*Nota.* Tomado de *Radiation protection -Apparatus for industrial gamma radiography-specifications for performance design and test.* [Protección radiológica. -Equipos para gammagrafía industrial- Especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas] (2da edición), por Norma Internacional ISO 3999, 2004. <https://www.sis.se/api/document/preview/905634/>

## 4.5 Limitaciones

Durante el transcurso de la elaboración del seminario de graduación, se presentaron algunas limitaciones que se consideran a continuación:

Para el caso del proceso de regulación del transporte de material radiactivo, el Ministerio de Salud es la autoridad encargada de emitir la autorización desde el punto de vista de Protección y Seguridad Radiológica para realizar dicha actividad (Decreto Ejecutivo 24037 de Costa Rica, 1995). Sin embargo, las entidades que participan de la regulación durante la acción del transporte, no solo deben tomar en cuenta los lineamientos del Decreto 24037 Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, sino también lo que expone el Decreto 24715 Reglamento para el Transporte de Productos Peligrosos, el Decreto 27008 Señalización de las Unidades de Transporte Terrestre de Materiales y Productos químicos peligrosos y la Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial N° 9078.

Por las razones antes expuestas, en que, la regulación del transporte de material radiactivo en las vías públicas no está sujeta al control y vigilancia única del Ministerio de Salud y la Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental, es que fue de interés de esta última acotar el desarrollo de la guía a aquellas actividades que fueran de su control exclusivo.

Por otra parte, en marzo del 2020 se diagnosticó el primer caso de COVID-19 en Costa Rica, por lo que se implementaron una serie de medidas que obligaron al distanciamiento social y aislamiento por parte de la ciudadanía. Debido a esto, la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud, comunicó el 23 de junio del 2020 que no se podrían realizar las visitas de inspección a las instalaciones, para la aplicación de la prueba piloto planteada en la metodología. Además, la jefatura de dicha Unidad también informó que únicamente autorizaba a tres funcionarios, para participar en el proceso de análisis y evaluación de la guía de inspección. Debido a esto, fue necesario efectuar algunas modificaciones en la metodología propuesta inicialmente, procurando que la evaluación de la guía se realizara de una forma lo más integral posible, dadas las condiciones sanitarias vigentes en el país (véase anexos 6 y 7).

Cabe destacar que las anteriores limitaciones no impidieron el logro general de los objetivos orientadores del presente seminario, sino que sobre todo respondieron a la realización de algunos cambios metodológicos.

## Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

Una vez finalizado el presente trabajo final de graduación, del cual se obtuvo una propuesta de guía para la inspección operacional de las actividades industriales vigentes y activas en el país, debidamente evaluada; se plantean a continuación una serie de conclusiones, como producto de los hallazgos y conocimientos generados durante el desarrollo del seminario:

-Del proceso de caracterización de las industrias, se pudo identificar que en el país existen actualmente 21 industrias que utilizan fuentes radiactivas para el desarrollo de sus labores; de las cuales 20 se encuentran activas ejecutando labores en las prácticas de gammagrafía industrial, densimetría nuclear y medición de niveles y espesores.

-En el país existen 229 fuentes radiactivas en uso, la mayoría son utilizadas para labores de densimetría nuclear, ya que es la práctica más común y por la naturaleza de la misma, necesita dos fuentes radiactivas para el cálculo de la humedad y la densidad de los suelos; mientras que la gammagrafía industrial y la medición de niveles y espesores solo ameritan una fuente radiactiva para efectuar las actividades.

-Las características físico-químicas de las fuentes radiactivas que se utilizan en las tres prácticas industriales vigentes y activas en el país son variadas, existiendo fuentes categoría 2, muy peligrosas como el Ir-192; hasta fuentes categoría 5, identificadas como sumamente improbable que sea peligrosa como el Cs-137 y el Pm-147. Por lo tanto, las condiciones en las que se desarrollan las prácticas y las medidas de seguridad y protección radiológica resultarán muy diferentes para las distintas prácticas.

-A nivel internacional existe una variedad de publicaciones formuladas por diversos entes que emiten reglamentos y recomendaciones, para asegurar que las prácticas industriales con fuentes radiactivas se desarrollen en óptimas condiciones de seguridad y protección radiológica, siendo el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) las entidades más consultadas en el presente seminario, por su vasta gama de documentos relacionados con las prácticas industriales y el uso de fuentes radiactivas.

-Existen entes internacionales más regionalizados, que han emitido documentos relacionados con la regulación de las prácticas industriales que utilizan fuentes radiactivas, propias de cada país, como por ejemplo: el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, el Ministerio de Salud

de El Salvador y la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina, que también fueron fuentes consultadas, y resultaron de gran importancia para el desarrollo de la guía.

-A nivel nacional no existe aún una legislación que sirva como marco jurídico para la regulación específica de las diferentes prácticas radiactivas que están vigentes en el país, o de las prácticas industriales en general que usan fuentes radiactivas.

-El documento reglamentario de mayor importancia a nivel nacional y bajo el cual rigen las prácticas industriales que usan fuentes radiactivas en la actualidad, es el Decreto Ejecutivo N° 24037-S Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, emitido en 1994, que requiere ser actualizado. Además, la entidad reguladora cuenta con guías para el diseño de los Manuales de Procedimientos para cada práctica industrial, los cuales fueron útiles para la elaboración de la guía; junto con el Protocolo para el uso, transporte y almacenamiento de densímetros nucleares emitido por el CONAVI.

-La propuesta de guía de inspección elaborada y los formularios específicos que se incluyen en la misma, se sustentan en una amplia gama de documentos internacionales y nacionales, los cuales fueron considerados por parte de las investigadoras como insumos útiles para la elaboración de esta. Y como resultado de la búsqueda bibliográfica y el proceso de diseño, se concluyó que las tres prácticas difieren en algunos criterios de seguridad y protección radiológica, mientras que otros son compartidos.

-El diseño de una guía de inspección con formularios específicos para cada práctica industrial, se convierte en un insumo valioso para que el Ministerio de Salud realice las inspecciones de las instalaciones explotadoras de manera completa e integral. Además, podría facilitar la labor de inspección, ya que al ser un documento específico, el vocabulario, el formato y el fondo de la guía están estrechamente relacionados con cada práctica industrial.

-La guía de inspección fue evaluada por un total de nueve expertos; no obstante, como poseían diferentes niveles de experiencia y conocimientos distintos en cada una de las prácticas industriales vigentes en el país, el formulario específico para cada aplicación solo fue evaluado por aquellos que conocían todas las prácticas o en la que propiamente se desempeñan. Al final del proceso, ocho expertos evaluaron el apartado general de la guía y el formulario de densimetría nuclear; siete evaluaron el apartado general de la guía y el formulario de gammagrafía industrial; y cinco evaluaron el apartado general de la guía y el formulario de medidores de niveles y espesores.

-Como producto de la evaluación, se obtuvo un total de 122 observaciones por parte de los expertos; las cuales se clasificaron en forma y fondo para analizarlas y otorgarles una solución según las recomendaciones brindadas. La mayoría solicitaron un cambio en la redacción de las preguntas, lo cual es de vital importancia, ya que, al extraerse la mayor parte de los criterios incluidos en los formularios de documentos internacionales, la terminología puede ser diferente; por ende, se adecuó a términos más apropiados al ámbito nacional.

-Un porcentaje de preguntas o criterios, incluidos inicialmente como parte de los formularios, se movilizaron a la “Adenda no vinculante” al final de cada formulario, esto porque eran aspectos que aún no están regulados en el reglamento vigente del país. Por tanto, aún no puede solicitarse como requerimiento; no obstante, los expertos indican que puede tomarse a consideración en un futuro y por tal motivo, no se procedió a eliminarlos.

-Producto del cuestionario realizado a los expertos, para valorar el grado de conformidad por parte de los mismos con la guía realizada, se obtuvo que la mayoría de las calificaciones en promedio se mantuvieron en 4 y 5; siendo el 5 la máxima calificación posible, indicando así que la guía elaborada, de manera general, cumplió en aspectos como: redacción, contenido exhaustivo y actualizado, formato y orden.

-La obtención del coeficiente de Kendall calculado permite determinar de manera general del grado de concordancia con que los expertos respondieron los ítems del cuestionario aplicado después de la revisión de la guía de inspección. Aunque el valor no fue el mismo para las tres prácticas industriales, en todas se comprueba sí hay concordancia en las respuestas.

## **5.2 Recomendaciones**

Posterior a todo el proceso de investigación efectuado, se proponen las siguientes recomendaciones, las cuales buscan implementar mejoras en el control de las prácticas que emplean fuentes radiactivas en el territorio costarricense y facilitar el desarrollo de futuras investigaciones:

### **A la Unidad de Protección Radiológica del Ministerio de Salud:**

- Valorar la necesidad de efectuar una actualización de la información relacionada con la seguridad y protección radiológica contenida en los expedientes de las industrias que utilizan fuentes radiactivas, de modo que los mismos cuenten con cierta información mínima completa y organizada, favoreciendo así la consulta de estos de una forma más sistemática.
- Promover la creación e implementación de una normativa más actualizada y acorde a la realidad nacional, por parte de la autoridad reguladora, de manera que se pueda efectuar un mayor control de las prácticas que involucran el uso de fuentes radiactivas como parte de sus funciones, en Costa Rica.
- Considerar la complementación en la evaluación de la propuesta de guía de inspección, con la aplicación de una prueba piloto en algunas de las industrias que utilizan fuentes radiactivas, una vez que las condiciones sanitarias que impidieron su realización durante el desarrollo del seminario mejoren en el país y dicha entidad retome la visita a este tipo de instalaciones como parte de sus funciones.

### **A la Escuela de Tecnologías en Salud:**

- Incluir en los contenidos de los cursos del programa de estudio de la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, cuando estos así lo permitan, temas que involucren el uso de radiación ionizante con fines industriales, o bien, en los ya existentes enfocarlos también a dicha área y no meramente al ámbito hospitalario.
- Fomentar más en los estudiantes de imagenología temas de investigación que involucren el uso de radiación ionizante en el ámbito industrial, especialmente en Seguridad y Protección Radiológica, puesto que, durante su formación profesional se brindan las herramientas necesarias para que estos puedan desarrollar propuestas y generar conocimiento en dicha área.

### **A futuros investigadores:**

- Desarrollar proyectos de investigación donde se abarque la evaluación de todos los aspectos vinculados con el transporte de fuentes radiactivas a nivel industrial, dado que las limitaciones del presente seminario no favorecieron su incorporación, pero aun así se considera de gran relevancia contar con una guía de inspección específica para dicha área.
- Contemplar siempre posibles alternativas en caso de que no se pueda efectuar alguna de las etapas propuestas en la metodología de una investigación, de modo que las eventuales limitaciones que puedan surgir en el proceso investigativo no signifiquen un impedimento para alcanzar los objetivos propuestos inicialmente.

## Referencias Bibliográficas

- Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear. (2004). *Code of practice and safety guide. Portable Density/Moisture Gauges Containing Radioactive Sources (ARPANSA 5)* [Código de prácticas y guía de seguridad. Medidores portátiles de densidad / humedad que contienen fuentes radiactivas] <https://www.arpansa.gov.au/sites/default/files/legacy/pubs/rps/rps5.pdf>
- Aguirre, A., Alaniz, I., Mendoza, J., Rodríguez, M. y Velázquez, M. (2010). *Programa de Seguridad para el transporte y manejo del densímetro nuclear en el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.* [Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional de México]. <https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/5952/17.1872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bushong, S. (2010). *Manual de Radiología para Técnicos*. 9º ed. Elsevier España, S.L.
- Cárdenas, E., Aquino, J. y Sajo-Bohus, L. (2013). *Modelo de Auditoría para el Proceso de Gammagrafía Industrial en Refinerías de Petróleo*. Trabajo presentado en IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety de la Sociedad Brasileña de Protección Radiológica, Brasil. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/004/45004792.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/004/45004792.pdf)
- Cateriano, M. (2006). *Seguridad Radiológica de Equipos Portátiles Utilizados en la Industria*. Trabajo presentado en el I Congreso Americano de IRPA por la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, México. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/38/048/38048840.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/048/38048840.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2018). *Radiaciones Ionizantes, Usos y Riesgos*. <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/385-RADIACINFINALMI28III2018.PDF>
- Centro Español de Metrología (CEM). (2012). *Vocabulario Internacional de Medidas*. <https://tupunatron.com/media/DOC-VIM.pdf>
- Cherry, S., Sorenson, J., y Phelps, M. (2012). *Physics in Nuclear Medicine*. 4ta ed. Elsevier Inc.

Cobo, E., Cortés, J. y González, J. (2014). *Prueba de significación y contraste de hipótesis*. Universidad Politécnica de Cataluña.

Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). (2011). *Manual de políticas operativas y procedimientos para el uso, transporte y almacenamiento de los densímetros nucleares*. <https://es.slideshare.net/eduardosalinas3532/protocolodensimetronuclear>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1996). *Manual práctico de seguridad radiológica; Manual sobre medidores nucleares*. Madrid. España. <https://www.csn.es/documents/10182/1012054/ODM-01-03+Manual+pr%C3%A1ctico+de+seguridad+radiol%C3%B3gica+-+medidores+nucleares>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998). *Bases para el establecimiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica: Guía de seguridad 7.3*. Madrid, España. [https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset\\_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696](https://www.csn.es/guias-de-seguridad/-/asset_publisher/PJ7uZn38dFBs/document/id/898696)

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (1998). Homologación de cursos de formación de supervisores y de operadores de instalaciones radiactivas: Guía de Seguridad 5.12. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-12%20Homologaci%C3%B3n%20de%20cursos%20de%20formaci%C3%B3n%20de%20supervisores%20y%20operadores%20de%20instalaciones%20radiactivas>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2001). *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*. Madrid, España. [http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2012a). *La protección radiológica en la industria, la agricultura, la docencia o la investigación*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica+en+la+industria%2C+agricultura+%2C+docencia+e+investigaci%C3%B3n>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2012b). *La protección radiológica en el medio sanitario*. Madrid. España. <https://www.csn.es/documents/10182/914805/La+protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica+en+el+medio+sanitario>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2012c). *Guía de seguridad para la práctica de medidores nucleares. (15/2012-CITMA)*. Madrid, España. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/46/071/46071736.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/071/46071736.pdf)

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2013). *Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas: Guía de Seguridad 5.3*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-03%20Revisi%C3%B3n%201%20-%20Control%20de%20la%20hermeticidad%20de%20fuentes%20radiactivas%20encapsuladas>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015a). *Guía de Seguridad 5.14: Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-14%20Revisi%C3%B3n%201%20GS%205-14%20sobre%20Seguridad%20y%20protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica%20de%20las%20instalaciones%20radiactivas%20de%20gammagraf%C3%ADa%20industria>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015b). *Instalaciones radiactivas: Categorías*. Madrid, España. <https://www.csn.es/categorias1>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015c). *El transporte de los materiales radiactivos*. Madrid, España. [https://www.csn.es/documents/10182/914805/EI%20transporte%20de%20materiales%20radiactivos%20\(Actualizaci%C3%B3n%202015\)](https://www.csn.es/documents/10182/914805/EI%20transporte%20de%20materiales%20radiactivos%20(Actualizaci%C3%B3n%202015))

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2015d). *Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial: Guía de Seguridad 5.14*. Madrid, España. <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2005-14%20Revisi%C3%B3n%201%20GS%205-14%20sobre%20Seguridad%20y%20protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica%20de%20las%20instalaciones%20radiactivas%20de%20gammagraf%C3%ADa%20industria>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (s.f.a). *OIEA*. <https://www.csn.es/organismos-nucleares-internacionales/oiea>

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (s.f.b). *Normativa*. <https://www.csn.es/normativa-del-csn>

Decreto Ejecutivo 783 de 2001. Por medio del cual se aprueba el Reglamento sobre Protección contra las radiaciones ionizantes. Madrid, España. 26 de Julio de 2001. D.O. No. 14555.

Decreto Ejecutivo 24037 de 1995. Por el cual se dicta el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes. San José, Costa Rica. 8 de marzo de 1995. D.O. No. 40120

Dirección General de Protección Civil. (2003). *Guía para la realización de inspecciones técnicas administrativas*. Madrid, España: <http://www.proteccioncivil.es/documents/20486/156778/Gu%C3%ADa+para+la+realizaci%C3%B3n+de+inspecciones+t%C3%A9cnicas+administrativas.pdf/7ea35f73-ec75-4ffc-87a0-2bb03c71ee2f>

Ermacora, M. (2005). *Experiencia Regulatoria Argentina en Gammagrafía Industrial en Materia de Radioprotección*. Trabajo presentado en la XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Argentina. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/38/088/38088427.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/088/38088427.pdf)

Ermacora, M., Vidal, D. y Alonso, M. (2013). *Análisis para la toma de decisión regulatoria sobre equipos de Gammagrafía Industrial en Argentina*. Trabajo presentado en el IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety de la Sociedad Brasileña de Protección Radiológica, Brasil. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/44/117/44117981.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/117/44117981.pdf)

González, E. y Figuera, J. (1996). Protocolo para el mantenimiento de dispositivos blindados correspondientes a sistemas de medición de nivel. *Radiological protection in Latin America and the Caribbean*, 1(2), 337-341. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/033/28033986.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/033/28033986.pdf)

Hernández, R., Fernández, E y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. McGraw-Hill.

Hossne, A. y Cedeño, H. (2012). Comparación de tres métodos para determinar densidad aparente y solidez en tres suelos franco arenoso de sabana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 861-872. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12098>

Iturbe, J. (2001). *Fundamentos de Radioquímica*. Universidad Autónoma del Estado de México.

Jinesta, E. (2009). *Reglamento, circulares e instrucciones: Como fuente de Derecho Administrativo en Costa Rica*. Trabajo presentado en VIII Foro Iberoamericano de Derecho Administrativo. Panamá.  
[http://www.ernestojinesta.com/\\_REVISTAS/REGLAMENTOS,%20CIRCULARES%20E%20INSTRUCCIONES:%20COMO%20FUENTE%20DE%20DERECHO%20ADMINISTRATIVO%20EN%20COSTA%20RICA.PDF](http://www.ernestojinesta.com/_REVISTAS/REGLAMENTOS,%20CIRCULARES%20E%20INSTRUCCIONES:%20COMO%20FUENTE%20DE%20DERECHO%20ADMINISTRATIVO%20EN%20COSTA%20RICA.PDF)

Leguizamón, E. y Restrepo, O. (2002). *Reglamento Técnico para Evaluación de Radiaciones Ionizantes*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Colombia.  
<http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/campanas/REGLAMENTO%20TECNICO%20PARA%20EVALUACION%20DE%20RADIACIONES%20IONIZANTES.pdf>

Ley N°8839 de 2010. Por la cual se regula la Gestión Integral de Residuos. San José, Costa Rica. 25 de marzo de 2010. D.O. No. 15897

López, M. (2002). Programa de Protección Radiológica para la dirección nacional de tecnología nuclear de Uruguay.  
[https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/35/072/35072454.pdf?r=1&r=1](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/35/072/35072454.pdf?r=1&r=1)

Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Guatemala. (2011). *Guía para autorización e inspección de medidores nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)

Ministerio de Salud del Gobierno de El Salvador. (2020). *Manual de Procedimientos de la Dirección de Protección Radiológica*.  
<http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/manual/manualprocedimientosadministrativosdireccionproteccionradiologicav3.pdf>

Naciones Unidas. (2005). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU)*. (Serie N°4).  
[https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm\\_4rev3\\_1s.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev3_1s.pdf)

- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1996). *Protección Radiológica en América Latina y el Caribe*. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/000/28000875.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/000/28000875.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (1999). *Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources* [Planes de evaluación de seguridad para la autorización e inspección de fuentes de radiación]: *TECDOC-1113*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1113\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1113_prn.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2006). *Cantidades peligrosas de materiales radiactivos (valores D)*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR\\_Dvalues\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR_Dvalues_S_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2007). *Glosario de Seguridad Tecnológica del Organismo de Energía Atómica*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary\\_2007s.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary_2007s.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009a). *Clasificación de las fuentes radiactivas*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1227s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1227s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2009b). *Identificación de fuentes y dispositivos radiactivos*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010a). *Manual explicativo para la aplicación del reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1325s\\_Web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1325s_Web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010b). *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1526\\_s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1526_s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2010c). *Preparación, realización y evaluación de ejercicios de verificación de la preparación en caso de emergencia nuclear o radiológica*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_Exercise\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_Exercise_S_web.pdf)

- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2011). *Guía para autorización e inspección: Medidores Nucleares*. [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia\\_Medidores.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2012). *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2013a). *Compendio sobre el OIEA. Maximizar la contribución de la tecnología nuclear a la sociedad y, al mismo tiempo, verificar su uso pacífico*. [https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea-primer\\_sp.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea-primer_sp.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2013b). *Seguridad Radiológica en la Radiografía Industrial: Guía de seguridad específica N°SSG-11*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1466s_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2016). *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578\\_S\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2019). *The Members of the Agency*. <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1959/infcirc2r84.pdf>
- Organización Internacional de Normalización (ISO) (ISO, 2004). *Radiation protection - Apparatus for industrial gamma radiography- specifications for performance design and test*. [Protección radiológica. -Equipos para gammagrafía industrial- Especificaciones de rendimiento, diseño y pruebas] (Norma 3999). <https://www.sis.se/api/document/preview/905634/>
- Real Academia Española. (s.f). Industria. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <https://dle.rae.es/?id=LRwJlbQ>
- Roig, F. (2013). *Radiaciones: Aplicaciones y riesgos para la salud*. Trabajo presentado en Conferencia de Asociación de Profesores Jubilados de la Universidad de Valencia, España. <https://www.uv.es/aprjuv/quaderns/3/Roig-RADIACIONES.pdf>
- Troxler Electronic Laboratories. (2003). *Densímetro para medición de humedad-densidad*. [https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430\\_user\\_spanish.pdf](https://www.troxlerlabs.com/downloads/pdfs/3430/3430_user_spanish.pdf)

Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f). *Guía para el manual de procedimientos con densímetros nucleares*. [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimientos\\_densímetros\\_nucleares.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimientos_densímetros_nucleares.pdf)

Unidad de Administración de los Servicios de Salud en Ambiente Humano, Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.). *Guía para el manual de procedimientos de radiografía industrial (Equipos de radiaciones ionizantes y fuentes radiactivas)*. [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH\\_guia\\_manual\\_procedimiento\\_radiografia\\_industrial.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/riesgos/guiasmanuales/DPAH_guia_manual_procedimiento_radiografia_industrial.pdf)

Universidad Técnica Particular de Loja. (2016). *Manual de Procedimientos en Operaciones Normales y de Emergencias Radiológicas para un Densímetro Nuclear*. Loja, Ecuador. <https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/Manual%20de%20Procedimientos%20de%20Operaci%C3%B3n%20Normal%20y%20de%20Emergencia%20Radiol%C3%B3gicas.PDF>

Vásquez, A. (2009). Aplicaciones industriales de las radiaciones: equipos, instalaciones, prácticas y seguridad. *Revista Biomedicina*, 4(1), 43-49. [http://www.um.edu.uy/docs/revista\\_biomedicina\\_2009.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/revista_biomedicina_2009.pdf)

Vivallo, L. y Yáñez, M. (2016). *Guía para la identificación de fuentes radiactivas*. Santiago, Chile: Comisión Chilena de Energía Nuclear. [http://www.cchen.cl/pdf/seguridad/guia\\_identificacion\\_fuentes.pdf](http://www.cchen.cl/pdf/seguridad/guia_identificacion_fuentes.pdf)

## ANEXOS

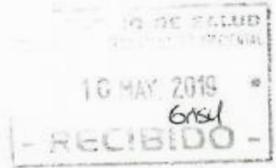
### Anexo 1

Carta elaborada en el Departamento de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica como respaldo, para solicitar apoyo del Ministerio de Salud durante el desarrollo del seminario.

 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>	<b>TS</b> Escuela de <b>Tecnologías en Salud</b>
--	---

08 de mayo de 2019  
**TS -DIG-69-2019**

Dra. Raquel Rodríguez  
Coordinadora Proceso Control de Radiaciones  
Ministerio de Salud



Estimada señora

Por este medio me permito saludarle y a la vez solicitar su apoyo para la realización del Seminario de Graduación denominado "Propuesta de Guía de Inspección en cuanto a Seguridad y Protección Radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica" que realizarían las siguientes estudiantes Yorly Blanco Rodríguez carnet B51052, Maureen Pérez Calvo carnet B25055, Karen Valverde Cordero carnet B16769 y Mónica Herrera Murillo carné B33367, para optar por el grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica de la Universidad de Costa Rica.

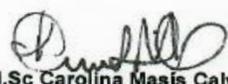
No omito manifestarle que dicho proyecto se encuentra aún en etapas de formulación y está en proceso de obtener la aprobación por parte de la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Tecnologías en Salud.

El proyecto plantea la creación de una Guía de Inspección que abarque todos los elementos relacionados con la Seguridad y Protección Radiológica, tanto en Importación, Transporte y Operación. El mismo tiene la finalidad de incidir en la política sanitaria ya que el proyecto podrá ser utilizado como insumo por parte del Ministerio de Salud para garantizar que se de una seguridad y protección radiológica adecuada, por consiguiente, las industrias pueden reducir los riesgos asociados corrigiendo sus fallos y consolidando sus fortalezas.

Concretamente en esta etapa lo que se requiere es que a las estudiante se les facilite información que les permita identificar todas las industrias que hacen uso de fuentes radiactivas y el uso que se les da a las mismas, a fin de afinar el anteproyecto y los elementos y variables de estudio que incluirá esta propuesta.

Le agradezco de antemano toda la colaboración que les puedan brindar a las estudiantes en este proceso.

**Saludos cordiales**

  
**M.Sc. Carolina Masis Calvo**  
Directora,  
Departamento de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica



CMC  
Archivo

Secretaría: 2511-8472 Correo Electrónico: [tecsalud@ucr.ac.cr](mailto:tecsalud@ucr.ac.cr) Sitio Web: [www.tecsalud.ucr.ac.cr](http://www.tecsalud.ucr.ac.cr)  
Dirección: Costado Oeste de la Facultad de Letras, Sede Rodrigo Facio Brenes, San Pedro, Montes de Oca

## Anexo 2

Oficio por parte de la Dra. Raquel Rodríguez Rodríguez Coordinadora Proceso Control de Radiaciones, Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental, del Ministerio de Salud, donde se evidencia la autorización y disposición de colaboración por parte del Ministerio de Salud.



Ministerio  
de **Salud**  
Costa Rica



Ministerio de Salud  
Dirección de Protección al Ambiente Humano  
Unidad de Administración de Servicios de Salud  
en Ambiente Humano

MS-DPAH-UASSAH-2870-2019

30 de Agosto del 2019

Señores

Comisión de Trabajos Finales de Graduación  
**ESCUELA DE TECNOLOGIAS EN SALUD**  
**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Estimados Señores:

Para lo que corresponda y en seguimiento al oficio TS-DIG-69-2019, se les informa que a las estudiantes de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica de la Universidad de Costa Rica: Yorly Blanco Rodríguez, carnet B51052; Mónica Herrera Murillo, carnet B33367; Maureen Pérez Calvo, carnet B25055 y Karen Valverde Cordero, carnet B16769; este Ministerio de Salud les ha facilitado información necesaria para la elaboración del anteproyecto y futura presentación del Seminario de Graduación denominado "Propuesta de Guía de Inspección en Seguridad y Protección Radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020".

Esta Dirección ha apoyado el proyecto dando la posibilidad a dichas estudiantes para que revisen algunos de los expedientes de las industrias autorizadas por el Ministerio para utilizar fuentes radiactivas, bajo la supervisión de la Dra. Raquel Rodríguez Rodríguez, Coordinadora Proceso Control de Radiaciones Ionizantes, Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud, con el fin de que puedan cumplir con el primer objetivo específico del trabajo, el cual busca caracterizar las condiciones en las que se desarrollan estas prácticas industriales; para acoplar las recomendaciones y reglamentos nacionales e internacionales vinculadas con el tema, a la realidad nacional y así obtener una guía consistente con las características de las industrias en el país.

Además se informa, que la propuesta de Guía de inspección en la que se abarcaran aspectos de Seguridad y Protección Radiológica en operación de fuentes radiactivas a nivel industrial, será un insumo importante que quedará a disposición del Ministerio para ser avalada por las autoridades y posteriormente utilizada en la evaluación posterior de dichas industrias.

Sin más al respecto y agradeciendo su atención,

Dra. Raquel Rodríguez Rodríguez,  
Coordinadora Proceso Control de Radiaciones



Ing. Ana Villalobos Villalobos  
Jefe UASSAH

**Anexo 3**

**INSTRUMENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS AUTORIZADAS POR EL MINISTERIO DE SALUD**

**1. Información por industria con respecto a la operación**

Nombre de la empresa / Identificación de la empresa	Tipo de instalación				Aplicación				Cantidad de operadores
	I	II	III	IV	Medición de niveles y espesores	Densimetría nuclear	Gammagrafía	Otras ¿cuál?	
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
13.									

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2. Información por industria con respecto a la fuente

Nombre de la empresa / Identificación de la empresa	Tipo de fuente					Actividad en GBq					Total de fuentes
	Cs-137	Am-241:Be	Ir-192	Am-241	Otra. ¿Cuál?	Cs-137	Am-241:Be	Ir-192	Am-241	Otra. ¿Cuál?	
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
8.											
9.											
10.											
11.											
12.											
13.											

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3. Información con respecto al transporte

Nombre de la empresa / Identificación de la empresa	Cantidad de transportistas	Cantidad de vehículos	Tipo de bulto					
			Bulto exceptuado	BAE	Tipo A	Tipo B(U)	Tipo B(M)	Tipo C
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
8.								
9.								
10.								
11.								
12.								
13.								

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4. Resumen de la información recolectada

##### a. Totalidad de industrias que utilizan fuentes radiactivas

Indicador	Cantidad
Industrias que utilizan fuentes radiactivas	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

##### b. Información con respecto a la operación

Indicador	Cantidad	
Totalidad por tipo de industria	I	
	II	
	III	
	IV	
Totalidad por aplicación	Medidores de niveles y espesores	
	Densimetría	
	Gammagrafía	
	Otras	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**c. Información con respecto a la fuente**

Indicador		Cantidad
Totalidad de fuentes		
Totalidad por tipo de fuentes	Cs-137	
	Am-241:Be	
	Ir-192	
	Am-241	
	Otras	
Totalidad de fuentes por actividad	Menos de 1 GBq	
	1 a 5 GBq	
	5 a 10 GBq	
	10 a 15 GBq	
	15 a 20 GBq	
	Más de 20 GBq	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**d. Información con respecto al transporte**

<b>Indicador</b>		<b>Cantidad</b>
Totalidad de transportistas		
Totalidad de vehículos		
Totalidad de bultos por tipo	Bulto exceptuado	
	BAE	
	Tipo A	
	Tipo B(U)	
	Tipo B(M)	
	Tipo C	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### Anexo 4

### CUESTIONARIO DIRIGIDO A PROFESIONALES EN SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, CON EXPERIENCIA EN EL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA

El presente cuestionario tiene como propósito conocer su grado de conformidad, con respecto a la Guía de Inspección diseñada para las Industrias autorizadas por el Ministerio de Salud para utilizar fuentes de radiación ionizante, durante la ejecución de alguna labor. Por ello, es necesario que antes de responder las siguientes preguntas haya leído completamente y comprendido dicho documento. Se le solicita cordialmente que responda según su criterio profesional y de manera objetiva. Las respuestas aquí registradas son de carácter confidencial.

A continuación, se presenta una serie de indicadores para evaluar el contenido y estructura de la guía, para ello se utiliza una escala de Likert definida de la siguiente manera: **1:** Muy en desacuerdo **2:** En desacuerdo. **3:** Ni de acuerdo ni en desacuerdo **4:** De acuerdo. **5:** Muy de acuerdo.

Para el último indicador tome en cuenta la siguiente escala: **1:** Muy poco útil. **2:** Poco útil. **3:** Regular. **4:** Útil. **5:** Muy útil.

Marque con una (X) la casilla que mejor corresponda

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
El contenido de la guía contempla todos los elementos necesarios para una inspección exhaustiva de la seguridad y protección radiológica de una industria					
La redacción de la guía es comprensible					
El formato utilizado (tamaño y tipo de letra, interlineado, fuente) es adecuado.					

La estructuración de la guía sigue un orden lógico que facilita el proceso de inspección					
La guía es adecuada a la realidad nacional					
Los parámetros utilizados en la guía están actualizados					
La guía de inspección permite resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué elementos de seguridad y protección radiológica deben estar contemplados en una guía de inspección para el control y seguimiento de las prácticas industriales que hacen uso de fuentes radiactivas en Costa Rica durante el segundo semestre del 2020?					
De manera general se puede decir que la guía de inspección se considera:					

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Observaciones y recomendaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¡Gracias por su colaboración!

## Anexo 5

Formulario con los comentarios u observaciones brindados por todos los expertos que participaron en la evaluación de la guía de inspección, categorizadas de acuerdo con el tipo de observación y el tipo de solución brindada en cada caso.

### FORMULARIO PARA ENVÍO DE COMENTARIOS U OBSERVACIONES

<b>NOMBRE DE LA PROPUESTA DEL DOCUMENTO.</b>	PROPUESTA:  Guía de inspección sobre seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica
--	--

#### INSTRUCCIONES:

1. Para facilitar la revisión de las observaciones, **incluir específicamente el o los artículos que se desean modificar** (en la columna denominada “Texto original”), aportando **una propuesta de redacción** (en la columna denominada “Texto propuesto”) y la explicación o justificación respectiva (en la columna restante). De ser posible, indicar alguna referencia o documento que respalden dicha propuesta.
2. En caso de que se solicite incluir un texto nuevo o eliminar un texto del documento original, utilizar igualmente el mismo cuadro. En la columna denominada “Texto original” indicar el nombre del documento, y en la columna denominada “Texto propuesto” indicar si se trata de **una inclusión o una eliminación**. De igual forma, de ser posible aportar la justificación de dicho cambio e indicar la referencia o presentar los documentos que respaldan la propuesta.

### CUADRO PARA OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

N°	TEXTO ORIGINAL	TEXTO PROPUESTO	COMENTARIO / OBSERVACIÓN /JUSTIFICACIÓN	CATEGORIZACIÓN DEL TIPO DE OBSERVACIÓN (FONDO O FORMA)	CATEGORIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN (CAMBIO DE REDACCIÓN, ADICIÓN, ELIMINACIÓN, REESTRUCTURACIÓN, SIN MODIFICACIÓN)
----	----------------	-----------------	--	---	--

Consideraciones sobre la revisión:

- Como se indica en el oficio MS-DPRSA-UPR-520-2020 la revisión de las guías es solamente documental. No se valora en cuanto a la aplicación práctica en campo debido a la situación actual de la pandemia de COVID-19, que a la fecha se tiene suspendido las visitas programadas, condición que, en su momento, es importante estimar.
- El documento aportado en archivo .pdf está protegido, por lo que no permite copiar la propuesta de cada punto, por tanto, en la columna “Texto Original” solamente se indica la página o el número de referencia de la guía.
- En este momento está en proceso de revisión y actualización la regulación vigente en protección radiológica como los instrumentos que se facilita a los administrados y para uso interno de los funcionarios, por lo tanto, pueden existir cambios en terminología, definiciones y medidas a futuro.
- Aunque el Organismo Internacionales de Energía Atómica (OEIA) establezca guías de inspección a modo general a sus miembros para esta clase de prácticas industriales, son recomendaciones que se deben analizar y acoplar a la realidad nacional, entre ellas, por ejemplo, el uso de terminología.

Que son tres tipos de prácticas industriales que mantienen condiciones de riesgo diferente, que, en aplicación del principio de enfoque graduado, en su momento va a ser importante la valoración práctica para determinar el alcance de aplicación del contenido de las guías, que a nivel teórico no

necesariamente permiten lograr tener una visión de su funcionalidad, sin embargo, se toma en consideración los aportes de las propuestas que son valiosos para el desempeño de las funciones de esta Unidad.

1	Página 3, Punto 4, "Alcance".		Se debe sustituir Dirección de Protección al Ambiente Humano por Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
2	En todo el documento.		El término "densimetría nuclear" se debe sustituir por "práctica con medidores de densidad y humedad". De igual forma, en lugar de "densímetro nuclear" utilizar "medidor de densidad y humedad".	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
3	En disposiciones generales, en perfil del inspector:  " Así mismo, debe poseer conocimiento sobre la naturaleza de los procesos realizados en los establecimientos que va a inspeccionar, de la forma		Este punto es interesante, desde un punto de vista de normativas ISO, ¿cómo se aseguran todos estos puntos? ¿En dónde definen cuáles son esos requisitos y cómo los demuestran? Me entra la duda si un establecimiento podría legalmente impugnar a un inspector aduciendo que en base a	FONDO	SIN MODIFICACIÓN

	en que los mismos se gestionan y operan, y de los incidentes que pueden ocasionarse durante su desarrollo”		este requerimiento no se ha demostrado su competencia.		
4	En disposiciones generales; en perfil del inspector  ...“mayor probabilidad de detectar las posibles no conformidades, siendo uno de ellos el responsable de la inspección”		Sería bueno que valoren indicar en vez de que se buscan no conformidades, que se busca la conformidad del establecimiento, ya que esto da una visión positiva al proceso de evaluación de conformidad a la que se está siendo sometido.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
5	Página 4, Tipos de inspección, inciso 6.2	Iniciales o Preliminares: Cuando un establecimiento pretende establecer una nueva práctica industrial y, ante consulta o duda razonable se requiera programar una visita.	Sustituir el término “Iniciales o previa autorización” por “Iniciales o Preliminares”, además, se sugiere ajustar la definición.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

6	Página 4, Tipos de inspección	Seguimiento y control (programadas)	Sustituir el término “Programadas o rutinarias” por el texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
7	Página 4, Tipos de inspección	Cierre o clausura	Sustituir el término “De conclusión o cancelación” por el texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
8	Página 5, Frecuencia de las inspecciones	El OIEA recomienda como mínimo una inspección anual...	Modificar la redacción del texto como se propone ya que es una recomendación del OEIA, al final le corresponde a la autoridad reguladora aplicando enfoque graduado definir la cantidad por año, dependiendo también del tiempo y recurso disponible.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
9	En definiciones; Calibración: Medición o ajuste de un instrumento, componente o sistema para cerciorarse de que su exactitud o respuesta es	Calibración Operación que, bajo condiciones especificadas, en un primer paso, establece una relación entre los valores de una magnitud con incertidumbres determinadas	Esta es la definición de calibración y ajuste internacionalmente aceptados.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN

	<p>aceptable. (OIEA, 2007). Pág. 5 del documento</p>	<p>por patrones de medición y las indicaciones correspondientes con sus incertidumbres de medición asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación que permite obtener el resultado de una medición a partir de una indicación. (VIM, 3ra Edición)</p> <p>Ajuste de un sistema de medida [1]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir. (VIM, 3ra Edición)</li> </ul>			
--	--	---	--	--	--

10	En definiciones:  Enclavamiento: dispositivo de bloqueo.	Enclavamiento: dispositivo de seguridad para bloquear el funcionamiento de un dispositivo.	Ajustar redacción	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
11	En definiciones:  Monitor de radiación: Instrumento utilizado para determinar la tasa de dosis en un momento y lugar específico.	Monitor de radiación: Instrumento utilizado para determinar la dosis, tasa de dosis, exposición y tasa de exposición en un momento y lugar específico.	Definición más completa	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
12	En glosario de siglas;  OEIA: Organismo Internacional de Energía Atómica.	OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica.	Las siglas estaban en distinto orden.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
13	En glosario de siglas;  TDL: dosímetro de termoluminiscencia.	TLD: dosímetro de termoluminiscencia.		FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

14	Página 5, Definiciones	Incluir definición de Autoridad reguladora	Incluir en el apartado de definiciones, la definición de “autoridad reguladora”, que en este caso es el Ministerio de Salud.	FONDO	ADICIÓN
15	Página 6, Definiciones	Residuos radiactivos	Utilizar el término “Residuos radiactivos” y no “Desechos radiactivos”. Por Ley (Ley para la Gestión Integral de Residuos), se eliminó de Costa Rica el uso de la palabra “desecho”. Así mismo en todo el documento.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
16	Página 7, Definiciones y en todo el texto	Instalación: Instalación que solicita la autorización, o que...	Sustituir “Entidad explotadora” o “entidad” por “Instalación”. Así mismo, donde se aplique en todo el documento.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
17	Página 9, Glosario y en todo el texto	EPR: Encargado de la Protección Radiológica	Sustituir las siglas RPR por EPR.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

18	Todos los formularios  En punto 3: Fecha de la inspección anterior:		Eliminaría este requerimiento porque no necesariamente se conoce sobre una inspección anterior o se tiene el informe de la última.	FORMA	SIN MODIFICACIÓN
19	Todos los formularios  Punto 4		Es criterio que se debe eliminar, por cuanto las inspecciones futuras dependen de la programación y de los recursos disponibles.	FONDO	ELIMINACIÓN
20	Todos los formularios  Punto 5	Sustituir el término “Iniciales o previa autorización” por “Iniciales o Preliminares”. Sustituir el término “Programadas o rutinarias” por “Seguimiento y control” y, sustituir “Conclusión y cancelación” por “Cierre o clausura”.	Atender la observación o comentario del punto 3, 4 y 5 de este cuadro.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

21	Todos los formularios Punto 7	Encargado de la instalación (acompañamiento en la inspección)	Agregar el texto propuesto con el fin de aclarar y evitar confusiones.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
22	Todos los formularios Punto 8		Se sugiere eliminar del texto “mediciones y toma de muestras”.	FONDO	ELIMINACIÓN
23	Todos los formularios Punto 10, 11 y 12		Previo a la inspección se hace una revisión del expediente y de las últimas observaciones. Además, el propósito de la guía es que la misma sea de fácil aplicación en el campo. Estos tres puntos pueden estar como recomendaciones a considerar previo a una inspección.	FORMA	REESTRUCTURACIÓN
24	Todos los formularios Punto 11	Llevar a la inspección un listado con los requerimientos pendientes de cumplimiento.	Puede ser que haya requerimientos pendientes de inspecciones anteriores a las dos últimas o pendientes de respuesta de comunicaciones con el Órgano regulador, fuera de la inspección.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

25	Todos los formularios Punto 22	Área Rectora de Salud	Agregar “de Salud”.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
26	Todos los formularios Punto 27	Certificado de Habilitación Certificado Veterinario de Operación	Sustituir “Habilitación de funcionamiento” por “Certificado de Habilitación” y ajustar “Certificado de Operación” por “Certificado Veterinario de Operación”.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
27	Todos los formularios Punto 27	Número de permiso o certificado	En este punto se debe incluir la opción para que el funcionario pueda anotar el número de permiso o certificado.	FONDO	ADICIÓN
28	Todos los formularios Punto 28	Código CIU: Fecha de renovación:	Separar en puntos independientes “Fecha de renovación” y “Código CIU”.	FORMA	REESTRUCTURACIÓN
29	Todos los formularios Punto 29	Autorización de operación	Sustituir el término “funcionamiento” por “operación”.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

30	Todos los formularios Punto 31		Homologar esta sección a los cuadros de los puntos 4.2 y 4.3 del formulario F02 actualizado que se encuentra en la página electrónica del Ministerio de Salud.	FONDO	ADICIÓN
31	Todos los formularios Punto 32		Homologar esta sección al punto 7.2 del formulario F02 actual que se encuentra en la página electrónica del Ministerio de Salud, dejando la pregunta sobre si el operado cuenta con licencia o no.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
32	Todos los formularios Punto 33		Homologar esta sección al punto 6 del formulario F02 actual que se encuentra en la página electrónica del Ministerio de Salud.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
33	Todos los formularios  Medidores de densidad y humedad: puntos 37 y 38		Esto sería parte de un sistema de gestión de una empresa; sin embargo, en la normativa actual no se tiene contemplada a modo de requisitos para auditorías internas.	FONDO	ELIMINACIÓN

	<p>Gammaografía Industrial: puntos 37 y 38</p> <p>Medidores de nivel y espesor: puntos 44,45 y 46</p>		<p>Por tanto, queda a criterio de la misma empresa, no se podría considerar como un incumplimiento porque actualmente no aplicaría, sin embargo, se puede considerar a futuro su aplicación.</p>		
34	<p>Todos los formularios</p> <p>Punto 35</p>	<p>¿Se tiene documentado en un mismo expediente los requisitos que debe cumplir una persona para realizar sus funciones con respecto a la protección radiológica? (EPR y operadores).</p>	<p>Se ajusta la redacción de la pregunta para aclarar que debe ser enfocada a la protección radiológica.</p>	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
35	<p>Todos los formularios</p> <p>Punto 36</p>	<p>¿Se tiene documentado las responsabilidades de cada trabajador según sus funciones en materia de protección radiológica?</p>	<p>Se ajusta la redacción de la pregunta para aclarar que debe enfocada a la protección radiológica.</p>	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
36	<p>En todo el documento</p>		<p>Sustituir “operario” por “operador”.</p>	FORMA	

					CAMBIO DE REDACCIÓN
37	<p>Todos los formularios</p> <p>Medidores de densidad y humedad: punto 43</p> <p>Gammagrafía Industrial: punto 44</p> <p>Medidor de nivel y espesor: punto 38</p>		Sustituir "Manejo de desechos radiactivos" por "Gestión de residuos radiactivos".	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
38	<p>Todos los formularios</p> <p>Medidores de densidad y humedad: punto 43</p> <p>Gammagrafía Industrial: punto 44</p>	Operación – Mantenimiento – manejo de desechos radiactivos – emergencias - protección radiológica y Transporte.	Se debe de incluir el procedimiento de transporte y seguridad física	FONDO	SIN MODIFICACIÓN

	Medidor de nivel y espesor: punto 38				
39	<p>Todos los formularios</p> <p>Punto 45 del de medidores de densidad y humedad.</p> <p>Punto 48 de gammagrafía industrial.</p> <p>Punto 49 de medidores de niveles y espesores.</p>	¿La instalación cuenta con EPR?	Sustituir por el texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
40	<p>Todos los formularios</p> <p>Medidores de densidad y humedad: Punto 46</p> <p>Gammagrafía Industrial: Punto 48</p> <p>Medidores de niveles y espesores: Punto 54.</p>		Se debe evitar utilizar términos ambiguos tales como “grado de formación suficiente” en este caso.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

41	Medidores de densidad y humedad  Punto 50 y 51		Se hace la observación que en la normativa actual no se tiene contemplada esta información sobre requisitos de las capacitaciones. Por tanto, no se podría considerar como un incumplimiento por lo que actualmente no aplicaría sin embargo se puede considerar a futuro.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
42	Medidores de densidad y humedad: Punto 52  Medición de niveles y espesores: Punto 60	¿Se imparten simulaciones o simulacros de emergencia a modo de capacitación a los trabajadores	Cambiar al texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
43	Medidores de densidad y humedad: Punto 54  Medición de niveles y espesores: Punto 62	Se sugiere cambiar a: ¿Se socializa y se hace del conocimiento de los trabajadores el Plan de Emergencias?	No existe un requisito en normativa para esto, además es un deber del empleado como de la empresa verificar que se cumple.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
44	Medidores de densidad y humedad: Punto 55	¿Existe un inventario actualizado de los	Agregar la segunda pregunta del texto propuesto.		

	Medidores de Nivel y Espesor: Punto 63	equipos?¿Coincide con el aprobado en la autorización de operación?		FONDO	ADICIÓN
45	Medidores de densidad y humedad: Punto 67  Medidores de Nivel y Espesor: Punto 69		Este punto no sería necesario ya que se verifica con el certificado de la fuente y a futuro se verificará en el registro y de no cumplir no podrá ser importada.	FONDO	ELIMINACIÓN
46	Todos los formularios  Medidores de densidad y humedad: Punto 75  Gammagrafía Industrial: Punto 87  Medidores de Nivel y Espesor: Punto 94	¿Se cuenta con constancias que respalden el mantenimiento y el buen estado del equipo?	Modificar de acuerdo con el texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
47	Todos los formularios	¿Existe un registro o bitácora donde se anotan todas las acciones de mantenimiento	Modificar de acuerdo con el texto propuesto.	FORMA	

	<p>Medidores de densidad y humedad: Punto 76</p> <p>Medidores de Nivel y Espesor: Punto 95</p> <p>Gammagrafía industrial: Punto 88</p>	preventivo y correctivo efectuadas a los equipos?			CAMBIO DE REDACCIÓN
48	<p>Todos los formularios</p> <p>Medidores de densidad y humedad: Punto 77 y 78</p> <p>Gammagrafía Industrial: Punto 89</p> <p>Medidores de nivel y espesor: Punto 96</p>		Se hace la observación que en la normativa actual no se tiene contemplada esta información sobre el mantenimiento de los equipos. Por tanto, no se podría considerar como un incumplimiento por lo que actualmente no aplicaría sin embargo se puede considerar a futuro.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
49	<p>Medidores de densidad y humedad: Punto 81</p> <p>Medidores de Nivel y Espesor: Punto 99</p>		Se considera el aporte, sin embargo, son puntos muy específicos y probablemente los más conveniente es verificar que efectivamente se realiza el		REESTRUCTURACIÓN

			procedimiento general con base en lo indicado en el Manual de Procedimientos.	FONDO	
50	Medidores de densidad y humedad Punto 80		No existe un requisito en la normativa en el que se requiera este registro, pero se toma en consideración.	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
51	Medidores de densidad y humedad: Punto 82 Medidores de Nivel y Espesor: Punto 104	“mantenimiento”	Sustituir “verificación” por “mantenimiento”.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
52	Medidores de densidad y humedad Punto 85, 86, 87		Se considera el aporte, sin embargo, actualmente la legislación no contempla pruebas de fuga no métodos para realizarlas. Se considera para	FONDO	REESTRUCTURACIÓN

	Medidores de niveles y espesores: Puntos 100, 101, 102		futuro. Actualmente la pruebas de fugas las han hecho empresas prestadoras de servicios autorizadas por el Ministerio de Salud.		
53	Medidores de densidad y humedad  Puntos 86, 87 y 88		En este momento no está contemplado en la normativa actual, sin embargo, se está considerando en la actualización de la regulación.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
54	Medidores de densidad y humedad  Punto 89		Eliminar términos ambiguos. En este caso "adecuado".	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
55	Todos los formularios  Puntos 96, 97, 98 y 99 de Medidores de densidad y humedad		No es necesario agregar los comentarios relacionados al CSN y límites de dosis puesto que estos ya están contemplados en la legislación nacional.	FORMA	SIN MODIFICACIÓN

	<p>Puntos 118,119,120,121 de Gammagrafía industrial</p> <p>Puntos 118,119,120,121 de Medidores de nivel y espesor</p>				
56	<p>Todos los formularios</p> <p>Punto 100 de medidores de densidad y humedad</p> <p>Punto 122 de Gammagrafía industrial</p> <p>Punto 122 de Medidores de nivel y espesor</p>	<p>¿En caso de trabajadoras embarazadas, dentro de los procedimientos éstas se apartan de labores que impliquen exposición a radiaciones ionizantes durante el período de embarazo?</p>	<p>Está contemplado en la legislación nacional que las trabajadoras embarazadas no deberán ser asignadas a labores que involucren exposición a radiaciones ionizantes.</p>	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
57	<p>Medidores de densidad y humedad: Puntos 101, 102 y 103.</p> <p>Gammagrafía Industrial: Puntos 123,124,125</p>		<p>Las preguntas están bien, sin embargo, deben plantearse en forma de suposición, por ejemplo, “en caso de que algún trabajador supere...”.</p>	FORMA	SIN MODIFICACIÓN

58	Medidores de densidad y humedad Puntos 101, 102 y 103. Gammagrafía Industrial: Puntos 123,124,125		Quitar el comentario relacionado a la CSN ya que dichos límites no están contemplados en la legislación.	FONDO	ELIMINACIÓN
59	Medidores de densidad y humedad Punto 104		En la actualización de la legislación se está considerando restricciones de dosis, por tanto, dicho valor (6 mSv) no aplicaría actualmente.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
60	Medidores de densidad y humedad Puntos 107, 108 y 109.		No existe un requisito en la normativa en el que se requiera este registro, pero se toma en consideración.	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
61	Medidores de densidad y humedad		Sería interesante revisar la posibilidad de que se verifique cuando se dan los permisos de		

	Punto 113		construcción se deba indicar por parte de los contratistas si va a requerir el uso de densimetría nuclear en algún momento del proyecto y en caso afirmativo obligarlos a disponer de un lugar seguro y adecuado para el almacenamiento de los densímetros cuando así lo requieran	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
62	Medidores de densidad y humedad: punto 115  Gammagrafía industrial: punto 149		Actualmente el espacio de tiempo de 30 días no está contemplado en la legislación sin embargo se toma en consideración para futuro.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
63	Medidores de densidad y humedad  Puntos 117.	En la 116 poner: ¿La instalación cuenta con un plan en caso de emergencias contemplado en el manual de procedimientos?	Para el primer punto, considerar si se debe contemplar en el Manual en lugar del Plan de Emergencias.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

64	Medidores de densidad y humedad  Puntos 120.		Se debe aclarar cuáles son los incidentes comunes a los que se refiere.	FONDO	ELIMINACIÓN
65	Medidores de densidad y humedad: Puntos 123.  Gammagrafía industrial: Punto 161  Medidores de nivel y espesor: Punto 146	¿Se realizan revisiones y actualizaciones al plan de emergencias?	Cambiar conforme al texto propuesto.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
66	Todos los formularios  Puntos 124 de medidores de densidad y humedad  Punto 162 de gammagrafía industrial  Punto 148 de medidores de nivel y espesores	¿Se realizan simulacros de emergencia?	No queda claro a qué se refiere con autoridad competente. Si se refiere al Ministerio de Salud no se tiene el recurso para atender estos simulacros para diferentes empresas.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

67	<p>Medidores de densidad y humedad</p> <p>Puntos 127, 128, 129, 130, 131 y 132.</p> <p>Gammagrafía Industrial: Puntos 166, 167 , 168, 169, 170, 171</p>		<p>Las preguntas están bien, sin embargo, deben plantearse en forma de suposición, por ejemplo, “en caso de que se produzca un emergencia...”.</p>	FORMA	SIN MODIFICACIÓN
68	<p>Medidores de densidad y humedad</p>	<p>¿Han ocurrido emergencias durante la operación de la instalación y si se han contemplado los puntos anteriores?</p>	<p>Agregar esta pregunta.</p>	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
69	<p>Todos los formularios</p>	<p>¿Se reporta al Ministerio de Salud cada 6 meses las fuentes en desuso que se encuentran almacenadas en la instalación?</p>		FONDO	ADICIÓN

70	<p>Todos los formularios</p> <p>Puntos 137 y 138 de Medidores de densidad y humedad</p> <p>Puntos 178 y 179 de gammagrafía industrial</p> <p>Puntos 163 y 164 de medidores de niveles y espesores</p>	<p>¿Durante el transcurso de la inspección se evidencia que el EPR tiene conocimiento del programa de protección radiológica?</p> <p>¿Durante el transcurso de la inspección se demuestra que el personal conoce los procedimientos de seguridad y de emergencia?</p>	<p>Se considera que esto se debe evidenciar durante el transcurso de la inspección, en lugar de una entrevista específica.</p>	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
71	<p>Medidores de densidad y humedad: puntos 139 y 140.</p> <p>Medidores de niveles y espesores: 180 y 181.</p>		<p>Se aclara que la fuentes radiactivas están contenidas en el equipo por lo que no puede etiquetarse directamente. Por tanto, la información del punto 139 debería colocarse en el equipo.</p>	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
72	<p>Medidores de densidad y humedad</p>		<p>Se considera el aporte, sin embargo, son puntos muy específicos y no están</p>		REESTRUCTURACIÓN

	Puntos 142, 143, 144, 145, 146, 147 y 148.		contemplados en la legislación. Se toma en consideración para futuro.	FONDO	
73	Medidores de densidad y humedad: Puntos 149 y 150.  Gammagrafía Industrial: Puntos 201 y 202		Se considera el aporte, sin embargo, actualmente la legislación no contempla pruebas de fuga ni límites para estas. Se considera para futuro.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
74	Medidores de densidad y humedad: Puntos 155.  Gammagrafía industrial: Punto 47	¿En la zona de trabajo se cuenta con el Manual de Procedimientos para consulta de los trabajadores en caso de dudas?		FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
75	Medidores de densidad y humedad  Puntos 156		No se observa cómo se presentar la situación propuesta.	FONDO	ELIMINACIÓN
76	Medidores de densidad y humedad  Puntos 157.		Los aspectos indicados, aunque tienen relación indirectamente con la protección radiológica están al vinculados al mantenimiento y		REESTRUCTURACIÓN

			buen estado del equipo. Situación que se puede verificar de otras maneras. Se sugiere no incluir este punto o que sea de manera general, por ejemplo, si se realiza un procedimiento de verificación del medidor antes de utilizarlo.	FONDO	
77	Medidores de densidad y humedad  Puntos 158.		Misma idea que en la observación anterior.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
78	Todos los formularios  Medidores de densidad y humedad: Puntos 162 y 172.		Se incluye una tasa de dosis específica sin embargo queda a criterio de la instalación siempre cumpliendo con los límites de dosis anuales.	FONDO	ELIMINACIÓN

	<p>Gammagrafía industrial: Puntos 199 y 203</p> <p>Medidores de Nivel y Espesor: Puntos 196, 205</p>				
79	<p>Medidores de densidad y humedad</p> <p>Puntos 163.</p>	<p>¿La cantidad de personas que se encuentran en la zona controlada es la estrictamente necesaria para realizar las tareas (operador y auxiliar)?</p>	<p>Modificar conforme al texto propuesto. Eliminar el comentario relacionado al CSN.</p>	<p>FORMA</p>	<p>CAMBIO DE REDACCIÓN</p>
80	<p>Medidores de densidad y humedad: Punto 182 y 185</p> <p>Medidores de niveles y espesores Puntos 218, 222,</p>		<p>Se incluye una tasa de dosis específica sin embargo queda a criterio de la instalación siempre cumpliendo con los límites de dosis anuales.</p>	<p>FONDO</p>	<p>ELIMINACIÓN</p>
81	<p>Medidores de densidad y humedad</p> <p>Punto 187</p>		<p>Se considera el aporte, sin embargo, son puntos muy específicos y no están</p>		<p>REESTRUCTURACIÓN</p>

			contemplados en la legislación. Se toma en consideración para futuro.	FONDO	
82	Medidores de densidad y humedad: punto 193		Que los blindajes no pueden limitarse a un solo tipo de material, pues también se involucra materiales como el concreto y el hierro que son utilizados como medios de blindajes y su combinación.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
83	Todo el documento	retardadores de fuego	Ajustar el término resistente al fuego por retardadores de fuego	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
84	Medidores de densidad y humedad  Puntos 195, 196		Se considera el aporte, sin embargo, son puntos que se deben valorar en campo.	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
85	Medidores de densidad y humedad		Se incluye una tasa de dosis específica sin embargo queda a criterio de la instalación siempre		

	Puntos 199 y 203 Medidores de niveles y espesores 244, 248		cumpliendo con los límites de dosis anuales.	FONDO	ELIMINACIÓN
86	Medidores de densidad y humedad Punto 210	¿La instalación de almacenamiento está a 5 metros o más de los lugares de trabajo cuando los sitios de almacenamiento no cuentan con blindajes?	La distancia de referencia señalada es una recomendación del OEIA que no esta contemplada en la regulación nacional, por lo tanto, no se podría estimar como un incumplimiento, no obstante, es toma como recomendación para su valoración en futura actualización de la regulación, esto por cuanto puede existir otras condiciones que permita estar a menos como por ejemplo, en el caso que se almacene dentro de una estructura con blindajes.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
87	Medidores de densidad y humedad Punto 213 f	“Alejados” en vez de “lo más lejos posible”	En esta propuesta existen dos de las opciones que se deben valorar (Lo más lejos posible de dormitorios y, Lo más lejos posible de áreas de consumo de		

			alimentos), pues se usan términos ambiguos no medibles que se presta a la subjetividad y que se deben revisar, Por otro lado, la regulación actual no establece criterios de almacenaje a estimar para esta clase de equipos; sin embargo, son aportes que podrían valorar en la regulación a futuro.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
88	Todos los formularios	Incluir pregunta: “Las instalaciones cuentan con un área diseñada para el almacenamiento temporal de las fuentes en deuso”.	Se debe incluir como punto previo a la pregunta que se incluye en el punto 214	FONDO	ADICIÓN
89	Todos los formularios	Incluir pregunta “El área de almacenamiento se encuentra en buen estado de conservación y reúne condiciones de seguridad radiológica y física”.	Se debe incluir como punto previo a la pregunta que se incluye en el punto 214	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN

90	Todos los formularios	Incluir pregunta: “Se presentan informes semestrales al Ministerio de Salud reportando la cantidad almacenada y su destino final”	Con base al artículo 44, inciso e), Ley para la Gestión Integral de Residuos”	FONDO	ADICIÓN
91	Todos los formularios		Creo que es importante que se realice una declaración de conformidad respecto de la inspección.	FONDO	ADICIÓN
92	Todos los formularios		En general deben revisar que cuando se anote una magnitud como por ejemplo 5 mSv, exista el espacio entre cantidad y unidad.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
93	Medidores de densidad y humedad  Gammagrafía industrial	Contemplar un enunciado que trate la seguridad física del lugar en donde se almacenan los equipos. ¿Qué barreras de contención se tienen para la seguridad de dichos equipos?		FONDO	SIN MODIFICACIÓN

94	Gammagrafía industrial Punto 44	Agregaría a lo que está escrito: procedimiento de Transporte, Gestión para la compra de equipos y fuentes, Calibración o verificación de respuesta del instrumental de radioprotección.	Todos estos apartados son parte de la operación de equipos de gammagrafía, por lo que deben estar en el Manual de Procedimientos de la empresa.	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
95	Gammagrafía industrial Punto 45, 46 y 47		Normas locales es un término del OEIA, sin embargo, en Costa Rica se maneja en el manual de procedimientos, por lo que las preguntas deben dirigirse al Manual que es donde se define los procedimientos de operación de esta clase de equipos.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
96	Gammagrafía Industrial Punto 50 y 51	Punto 50: ¿Todo los operadores de equipos de gammagrafía industrial cuentan con capacitación para el buen y seguro desempeño de sus labores?	Se debe evitar utilizar términos ambiguos tales como “grado de formación suficiente” en este caso. Sin embargo, dado el propósito de la guía va dirigido al tema de protección radiológica, es criterio		

		<p>Punto 51: ¿Todo el personal ayudante de gammagrafía industrial cuenta con capacitación para realizar las actividades que le competen? El establecimiento está a cargo de la formación de los operadores as debe estar a cargo de la formación de los ayudantes</p>	<p>que se deben ajustar la redacción de las preguntas tal como se especifica en la columna de propuesta.</p> <p>Además, se debe separar del punto 51 del pregunta que se plantea de sobre si el establecimiento está a cargo de la formación de los ayudantes tal como se muestra en la línea del punto 22 de ese cuadro</p>	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
97	Gammagrafía industrial Punto 51	¿El establecimiento está a cargo de la formación de los operadores?	De igual forma la pregunta planteada sobre la formación de los ayudantes por parte del establecimiento se debe plantear para los operadores	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
98	Gammagrafía Industrial Punto 55 y 56		Se hace la aclaración que en la normativa actual no se tiene contemplada esta información sobre requisitos de las capacitaciones. Por tanto, no se	FONDO	REESTRUCTURACIÓN

			podría considerar como un factor de incumplimiento por lo que actualmente no aplicaría, sin embargo, se puede considerar a futuro		
99	Gammagrafía Industrial Punto 57	Sustituir el periodo máximo de 5 años por 2 años.	En Costa Rica la regulación establece que los cursos de actualización deben tener una vigencia de dos años (2 años)	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
100	Gammagrafía Industrial Punto 58 y 59	Cambiar el término “perfeccionamiento” por “actualización”	Se sugiere cambiar los términos.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
101	Gammagrafía Industrial Punto 60		No existe en la regulación, por lo tanto, no se puede aplicar.	FONDO	ELIMINACIÓN
102	Gammagrafía Industrial Puntos 63, 64, 65 y 70		En nuestra legislación no está contemplado las norma ISO, por lo tanto, en este momento no se podrían aplicar	FONDO	REESTRUCTURACIÓN

103	Gammagrafía Industrial Punto 63: El equipo de gammagrafía de tipo de proyección cuenta con una certificación que respalde el cumplimiento de los requisitos que estipula la norma ISO 3999?.	El equipo proyector de gammagrafía cuenta con una certificación que respalda el cumplimiento de los requisitos que estipula la norma ISO 3999:2004.	Se debe mencionar la norma ISO vigente o última revisión. En este caso sería la ISO 3999:2004.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
104	Gammagrafía Industrial Punto 72: Actividad expresada en Bq	Actividad expresada en Ci (Bq) o Bq (Ci)	En gammagrafía se utiliza más la actividad expresada en Ci.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
105	Gammagrafía Industrial Punto 72: Fuente gamma o neutrones	Fuente gamma	En gammagrafía no se usan fuentes de neutrones.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
106	Gammagrafía Industrial Puntos 79, 80, 81		Actualmente, no hay requerimientos con relación a las características de los equipos en cuanto a sus ámbitos de medición. Sin embargo, se toma como un	FONDO	REESTRUCTURACIÓN

			aporte que se considerará en el futuro.		
107	Gammagrafía Industrial Punto 81		Actualmente, no existe en la regulación requerimientos, sin embargo, se considera un aporte que se analizará su aplicación en vista del origen.	FONDO	REESTRUCTURACIÓN
108	Gammagrafía Industrial Punto 90	Eliminaría el ítem	Para un mantenimiento o control preventivo no se desmantela completamente el equipo proyector. Solo se revisan y lubrican (con el lubricante recomendado por el fabricante) las cerraduras, sistemas de bloqueo y sistemas de conexión. Si la cerradura está trabada, sí habría que desarmar la misma, revisarla, cambiar siempre por componentes originales si hace falta reemplazar alguna pieza (igual esto debería ser realizado por una persona o entidad autorizada, que puede ser el fabricante). Sí se desarma el	FONDO	ELIMINACIÓN

			telecomando para hacerle una limpieza al teleflex		
109	Gammagrafía Industrial Punto 100		En las definiciones están utilizando el término de “contenedor de exposición” y en esta pregunta el término de “portafuentes”. Se debe entender que es lo mismo, pues de ser así se debe estandarizar los términos.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
110	Gammagrafía Industrial Punto 104	(Poner como la pregunta 84-85 del formulario de Densimetría)	No usar términos ambiguos “adecuado”	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
111	Todos los formularios  Punto 99 de Medidores de densidad y humedad  Punto 121 de Gammagrafía Industrial	Para el OIEA la dosis equivalente en un año en cristalino es de 20 mSv	El OIEA lo cambió a 20 mSv. Es mejor relacionarlo referencias del OIEA o del mismo MS. Existen varias como esta.	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN

	Punto 121 de Medidores de nivel y espesor				
112	Gammagrafía Industrial Punto 155	Incluiría y pondría como Etapa 5: Enviar los dosímetros de lectura diferida a la entidad encargada de la lectura de para una inmediata evaluación de las dosis recibidas en el incidente (o la emergencia)	Es importante conocer cuanto antes la dosis que absorbió el dosímetro film o TLD después de un evento.	FONDO	SIN MODIFICACIÓN
113	Gammagrafía Industrial Punto 183	En lugar de Número de masa y Símbolo químico, pondría Radionucleido (o Radioisótopo).	¿No es mejor utilizar el término Radionucleido o Radioisótopo que abarcaría el Número de masa y el Símbolo químico?	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
114	Gammagrafía Industrial Puntos 185,186 y 187		En las definiciones están utilizando el término de “contenedor de exposición” y en esta pregunta el término de “portafuentes”. Se debe entender que es lo mismo, pues de ser así se debe estandarizar los términos.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

115	Gammagrafía Industrial Punto 220: Ducha y lavado de emergencia, Productos descontaminantes	Eliminaría ambos ítems.	Siendo fuentes de doble encapsulado (Material Radiactivo Forma Especial o sólido no dispersable), no es probable que haya contaminación.	FONDO	ELIMINACIÓN
116	Gammagrafía Industrial Punto 218: $\mu\text{SV/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	Corrección de la unidad	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
117	Gammagrafía Industrial Punto 220: Los encargados de las prácticas...	Los operadores (o los supervisores)...	Poner un término como encargado que no está definido anteriormente puede traer confusión.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN
118	Gammagrafía Industrial Punto 223: ¿Se realizan inspecciones de funcionamiento y físicas rutinarias al equipo antes de ser utilizado?	¿Se realizan inspecciones de funcionamiento y físicas rutinarias al equipo, en el depósito, antes de ser trasladado al área de operación?	El control operativo del equipo, así como la medición de la tasa de dosis en contacto debe hacerse en el mismo depósito, ya que si tiene algún problema ese equipo no debería salir y el operador puede elegir otro si es que la empresa dispone de varios.	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

119	<p>Gammagrafía Industrial Punto 258:</p> <p>¿La instalación de almacenamiento posee un adecuado sistema de seguridad (candado o cerradura)?</p>	<p>¿La instalación de almacenamiento posee un adecuado sistema de seguridad física (elementos activos como alarmas, sensores de movimiento, de apertura de puertas y elementos pasivos como barreras físicas como candados o cerradura)?</p>	<p>Se debe mencionar un poco más la seguridad física con la descripción de lo que la empresa tiene para la detección por ejemplo de una intrusión y posterior robo de equipo, si esta fuera la hipótesis de amenaza postulada por el usuario.</p>	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
120	Gammagrafía Industrial		<p>Contemplar un enunciado que trate la seguridad física del lugar en donde se almacenan los equipos. ¿Qué barreras de contención se tienen para la seguridad de dichos equipos? Sobre todo, por el tema de salvaguardias, por el uranio empobrecido dentro de los equipos.</p>	FONDO	CAMBIO DE REDACCIÓN
121	<p>Medidor de Nivel y Espesor: Punto 65</p>		<p>Nuestra legislación no está contemplada las norma ISO, por lo</p>	FONDO	REESTRUCTURACIÓN

			tanto, en este momento no se podrían aplicar.		
122	Medidores de Nivel y Espesor: Punto 72 y 73		Cambiar el término "flujograma" por "registro"	FORMA	CAMBIO DE REDACCIÓN

## Anexo 6

**Oficio emitido por la directora del seminario, M.Sc. Carolina Masís Calvo, donde se informó a los representantes del MS sobre los avances efectuados en el trabajo hasta el 9 de Junio del 2020 y se solicitó iniciar con la etapa de evaluación de la guía de inspección.**

09 de junio del 2020  
OSFG- PR.IND-001-2020

**Ing. Ana Villalobos Villalobos**  
Jefe  
Unidad de Administración de Servicios de Salud en Ambiente Humano UASSAH

**Dra. Raquel Rodríguez Rodríguez**  
Coordinadora Proceso Control de Radiaciones  
Dirección de Protección al Ambiente Humano  
Ministerio de Salud

Estimadas señoras:

Por este medio me permito saludarles y a la vez rendir un informe en seguimiento al oficio MS-DPAH-UASSAH-2870-2019, relacionado con el estado de avance del Seminario de Graduación denominado "Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020" a cargo de las investigadoras Yorly Blanco Rodríguez carné B51052, Mónica Herrera Murillo carné B33367, Maureen Pérez Calvo carné B25055 y Karen Valverde Cordero carné B16769; y dirigidas por mí persona, el cual ha abordado con éxito las dos primeras etapas de la investigación.

Primero, en la etapa diagnóstica, las investigadoras recabaron información de los expedientes de las industrias que emplean fuentes radiactivas en el país; los datos que se recopilaron estaban relacionados con elementos normativos de protección y seguridad radiológica en cada una de esas prácticas. Para el cumplimiento de esta etapa se contó con el apoyo y el aval del Ministerio de Salud que, como ente regulador, es quien resguarda la información relacionada con los expedientes e inventarios, constituyéndose en la instancia que aportó las fuentes primarias de la información utilizada para esta etapa.

La segunda etapa, denominada "elaboración de las guías", requirió el análisis por parte de las investigadoras de la normativa nacional e internacional vigente, así como de documentos técnicos, relacionados con la seguridad y protección radiológica en el uso de fuentes radiactivas en el ámbito industrial, tomando como base las actividades desarrolladas a nivel nacional identificadas desde la primera etapa; para así elaborar las propuestas de guías de inspección para la evaluación de las industrias que utilizan dichas fuentes en nuestro país.

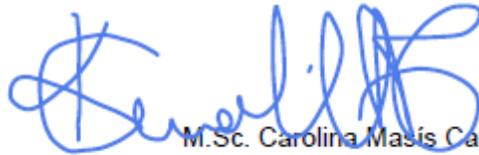
Dado que la tercera etapa del estudio contempla la "evaluación de la idoneidad y aplicabilidad de las guías de inspección elaboradas" a través de una prueba piloto durante una evaluación en las industrias existentes a nivel nacional y del criterio experto, es que

les solicitamos muy respetuosamente, valorar si es posible la realización de estas pruebas piloto en algunas de las industrias; esto teniendo en cuenta que las evaluaciones se logren realizar en las condiciones actuales, debido a la emergencia sanitaria por COVID-19 por la que atraviesa el país. Así mismo, para poder completar la evaluación de las de guías por el criterio experto, se solicita nuevamente la colaboración del Ministerio de Salud, para que al menos 5 profesionales de la Unidad de Protección Radiológica de la DPRSA participen de este proceso de análisis y evaluación de las guías, mediante la revisión de las mismas y el llenado de una encuesta; todo con el objetivo de recabar los aportes necesarios por parte de expertos en materia de Protección y Seguridad Radiológica de la Autoridad Reguladora.

Es importante recalcar, que una vez concluido el Seminario de Graduación denominado "Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020" cuyo producto final es el diseño de las guías específicas para la inspección de operación industrial con fuentes radiactivas en nuestro país, estas serán entregadas a la Autoridad Reguladora, con el fin de que sean valoradas como insumo para su uso en su función reguladora.

Agradezco de antemano toda la colaboración que les puedan brindar a las investigadoras en este proceso de concreción de su trabajo final de graduación.

Saludos cordiales,



M.Sc. Carolina Masís Calvo

**Directora del Seminario "Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020"**  
**Escuela de Tecnologías en Salud, Universidad de Costa Rica**

## Anexo 7

Oficio emitido por parte de la Jefatura de la Unidad de Protección Radiológica del MS, donde se informó de los nuevos lineamientos para efectuar la etapa de evaluación de la guía de inspección, dadas las condiciones sanitarias surgidas ante la pandemia.



Ministerio de Salud  
Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental  
Unidad de Protección Radiológica

MS-DPRSA-UPR-520-2020  
23 de Junio del 2020

M.Sc. Carolina Masis Calvo  
Directora  
Escuela de Tecnologías en Salud, Universidad de Costa Rica  
[Carolina.masiscalvo@ucr.ac.cr](mailto:Carolina.masiscalvo@ucr.ac.cr)

Estimada Señora:

En respuesta al oficio OSFG-PR.IND-001-2020, relacionado con el avance del Seminario de Graduación denominado *“Inspección en seguridad y protección radiológica en las industrias que utilizan fuentes radiactivas en Costa Rica, I semestre 2020”*, al cual esta Unidad ha dado apoyo en su primera etapa diagnóstica, le informamos que con respecto a la tercera etapa del estudio, relacionada a la “evaluación de la idoneidad y aplicabilidad de las guías”, no será posible apoyar con la realización de visitas de inspección a instalaciones en forma conjunta, esto por las condiciones actuales que atraviesa el país debido a la emergencia sanitaria por COVID-19, no obstante si autorizo que los funcionarios: Juan Carlos Oreamuno Hernández, Eduardo Ramírez Cover y Kenneth Muñoz Bolaños de la Unidad de Protección Radiológica, participen en el proceso de análisis y evaluación de dichas guías de inspección, esto con el objetivo de poder enviarles las recomendaciones u observaciones correspondientes y que las mismas puedan en ser valoradas como un insumo para nuestra función como autoridad reguladora.

Se le informa además, que debido a la situación de emergencia nacional provocada por la enfermedad COVID-19 y la necesidad de que la ciudadanía colabore quedándose en sus casas y alejándose de lugares públicos, los documentos y guías de inspección deben ser enviadas por medio del correo electrónico [correspondenciaupr@misalud.go.cr](mailto:correspondenciaupr@misalud.go.cr) con copia a [Juan.oreamuno@misalud.go.cr](mailto:Juan.oreamuno@misalud.go.cr), [Eduardo.ramirez@misalud.go.cr](mailto:Eduardo.ramirez@misalud.go.cr), [kenneth.munoz@misalud.go.cr](mailto:kenneth.munoz@misalud.go.cr)

Sin más al respecto y agradeciendo su atención,

Unidad de Protección Radiológica

ANA  
VILLALOBOS  
VILLALOBOS  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ANA VILLALOBOS  
VILLALOBOS (FIRMA)  
Fecha: 2020.06.24  
12:08:25 -06'00'

Ana Villalobos Villalobos, jefe

Oficio elaborado por Dra. Raquel Rodríguez Rodríguez

RRR/gra

- Ing. Eduardo Ramírez Cover, Unidad de Protección Radiológica
- Ing. Juan Carlos Oreamuno Hernández, Unidad de Protección Radiológica
- BQ. Kenneth Muñoz Bolaños, Unidad de Protección Radiológica